

# Boletim

Instituto **do**  
**geográfico**  
do Exército





ISSN  
0872 - 7600

**Propriedade**

Instituto Geográfico do Exército  
Av. Dr. Alfredo Bensaúde  
1849-014 LISBOA

Tel. – 21 850 53 00  
Fax – 21 853 21 19  
E-mail – [igeoe@igeoe.pt](mailto:igeoe@igeoe.pt)  
Homepage – [www.igeoe.pt](http://www.igeoe.pt)

**Director**

Manuel Mateus Costa da Silva Couto  
Coronel de Cavalaria, Eng<sup>o</sup> Geógrafo

**Articelistas**

José da Silva Rodrigues  
Tenente-Coronel de Artilharia, Eng<sup>o</sup> Geógrafo

José Guerreiro Martins  
Tenente-Coronel de Artilharia, Eng<sup>o</sup> Informático

Eduardo Garcia Fernandes  
Tenente-Coronel de Infantaria

Luís Nunes  
Tenente-Coronel de Artilharia, Eng<sup>o</sup> Geógrafo

António Afonso  
Major de Artilharia, Eng<sup>o</sup> Geógrafo

Francisco Gomes  
Major de Artilharia, Eng<sup>o</sup> Geógrafo

Isabel Martins  
Eng<sup>a</sup> Geógrafa

Tatiana Plantier  
Eng<sup>a</sup> Geógrafa

**Grafismo e Paginação**

Paulo Caeiro  
Good Dog Design

**Fotolito, Montagem e Impressão**

Good Dog Design

**Tiragem**

1 000 Exemplares

## Índice

<b>Editorial</b> .....	3
<b>A Actualização Cartográfica no IGeoE</b> Um passo decisivo .....	4
<b>As Redes Neurais Artificiais</b> na transformação de coordenadas geodésicas .....	7
<b>A produção de CADRG</b> .....	24
<b>Um estudo sobre o IPB</b> (Intelligence Preparation of Battlefield) .....	29
<b>PCMAP, uma presença nos modernos</b> campos de batalha .....	39
<b>Conversão da Cartografia do IGeoE</b> de datum Lisboa para WGS84 .....	43
<b>IGeoE – Um caso ímpar</b> no panorama cartográfico português .....	48
<b>Gestão por objectivos</b> .....	60
<b>Notícias</b> .....	63

# Editorial

**O** Instituto Geográfico do Exército, na sua constante procura pela excelência, adopta efectivamente uma gestão por objectivos, indo ao encontro das normas internacionais em vigor. Hoje, já com o sistema integrado de qualidade e ambiente reconhecido e certificado, tem vindo a desenvolver os esforços no sentido de uma permanente melhoria visando a consolidação do seu sistema. Trata-se de uma aposta em que, como pioneiros, tivemos que desbravar um longo e difícil caminho, mas com resultados claramente visíveis e uma crença dos colaboradores do IGeoE, que acreditam numa gestão moderna por objectivos, quase uma obrigatoriedade nos tempos de hoje para as organizações que procuram a excelência.

No Instituto vivemos um período de intensa actividade na área da experimentação e investigação, readaptando a cadeia de produção aos desafios que se avizinhem, procurando novos produtos de qualidade, indo ao encontro da satisfação e das necessidades dos utilizadores da informação geográfica.

Através da optimização e racionalização dos processos, redução dos desperdícios e tratamento dos resíduos produzidos, iremos prosseguir na senda da melhoria contínua fornecendo uma informação geográfica de qualidade devidamente validada e controlada.

Estamos prestes a terminar a cobertura cartográfica de raiz iniciada em 1986, aquando da total automatização da cadeia de produção. Prevê-se que esteja concluída em meados de 2005, reeditando a cartografia de todo o País em 20 anos, um prazo muito semelhante ao alcançado no período de 1935 a 1955 que, embora englobasse somente o Continente e agora também as Regiões Autónomas, nunca deixará de ser um marco de referência e um ponto alto da cartografia nacional, atendendo ao meios disponíveis na época.

Uma nova fase se avizinha: a actualização cartográfica a partir da informação digital. Num ciclo médio de 10 anos, pretendemos dotar o País de uma cartografia moderna e actualizada em períodos muito aceitáveis, contribuindo desta forma para uma melhor prestação ao Exército, às Forças Armadas e à Comunidade civil.

Orgulhamo-nos do Passado, fazemos o Presente e preparamos o Futuro. Os desafios são constantes e as vicissitudes certamente que muitas, mas o esforço de hoje valerá a pena para garantir o amanhã.



Manuel Mateus Costa da Silva Couto  
Cor Cav Eng<sup>o</sup> Geógrafo

# A Actualização Cartográfica no IGeoE

## O passo decisivo

➤ *José da Silva Rodrigues*  
Tenente-Coronel Art, Engº Geógrafo  
rodrigues@igeoe.pt

### Introdução

**A**o longo do tempo, diversas instituições ligadas às Ciências Geográficas, de onde se destaca o Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) tiveram a preocupação permanente na criação de uma base de dados geográfica, uniforme, integrada, consistente e com parâmetros de precisão adequados e conhecidos, que servisse de base para uma grande diversidade de organismos, no processo de apoio à decisão aos mais diversos níveis, desde a economia ao planeamento e gestão do território passando obviamente pela área da Defesa.

Contudo a complexidade da criação inicial de uma base de dados geográfica, encerra em si mesma uma grande diversidade de tarefas também elas de grande complexidade, quer pela gestão dos recursos disponíveis, quer pelas metodologias utilizadas quer ainda, mas não só, pelo desenvolvimento gradual das tecnologias de informação associadas à representação do espaço físico no âmbito das Ciências Geográficas.

A base geográfica assim criada constitui-se como elemento estático cujo valor diminui com o tempo, sendo pois necessário equacionar a sua manutenção através do processo de actualização, que convenientemente estruturado permitirá dar à tradicional cartografia vectorial a mais valia indispensável e pretendida.

A consecução desta dinâmica, assente num metodologia adequada, referencia um catálogo de objectos cuidadosamente definido e estruturado que, permitindo ligar o passado, permite fundamentalmente projectar o futuro, eventualmente numa nova cadeia ou processo cartográfico, e que irá permitir num período de actualização agora mais curto, podendo variar de 5 a 15 anos de acordo com a estratégia definida.

### O Processo de Análise

À semelhança de outros organismos, a base geográfica que se constitui como base cartográfica

fica de actualização, resultou de uma partição do território nacional, mais ou menos complexa, considerando por um lado a diversidade de projectos, de diferentes natureza e importância, o ajustamento dos mesmos integrados no processo de produção, e a necessidade nos termos do cumprimento da missão atribuída ao IGeoE.

A adicionar a estes factos e num contexto temporal há a considerar a metodologia seguida na época, condicionada pela tecnologia disponível sendo determinante devido à necessidade de uma grande diversidade de parâmetros de avaliação e validação dos dados então adquiridos.

Neste contexto, muitos outros parâmetros de análise são considerados, nomeadamente a natureza e o tipo de voo, o tipo de filme utilizado, entre outros, que determinam a precisão do processo bem como a capacidade discriminatória dos objectos presentes na superfície e adquiridos durante o processo fotogramétrico.

Além destes pormenores que constituem elementos de análise da informação geográfica existente, adquirida no contexto da época considerada, o processo do apoio de campo tem também ele sofrido consideráveis alterações quer na metodologia quer nos parâmetros de precisão exigidos. Por outro lado, o processo de campo na vertente da validação do trabalho fotogramétrico sofreu ele também significativas alterações. O reconhecimento *versus* completagem de campo constituem-se como processos bem diferenciados, e com metodologias específicas na aquisição e validação de dados da matriz vectorial de base.

Por outro lado, o intervalo temporal de aquisição dos dados vectoriais, determinaram também, alguma alteração na metodologia da aquisição de dados, quer com a introdução de eventuais alterações no catálogo de objectos quer através de ajustamentos e/ou alterações nas normas técnicas que regem os diversos processos que concorrem para a criação da matriz vectorial de base.

## Pré-Processamento e Enquadramento

Equacionadas algumas variáveis que caracterizam a complexidade da informação que constitui a base de dados geográfica considerada como matriz inicial actualizável, e onde devem ser analisados os aspectos já mencionados no ponto anterior, eles sintetizam-se basicamente nos seguintes:

- Características do voo e do filme;
- Metodologia adoptada :
  - Apoio de campo;
  - Triangulação Aérea;
  - Restituição;
  - Etc.
- Natureza e partição dos blocos de enquadramento;
- Sistema de Projecção/referência;
- Catálogo de objectos;
- Transformações e respectivos parâmetros;
- Etc.

Estruturados estes elementos de análise, havendo um conhecimento adequado do processo de produção de informação geográfica, é possível efectuar as transformações adequadas por forma a garantir, por um lado integridade da informação disponível, e por outro lado ajustá-la à nova realidade.

Paralelamente à preparação da informação como um todo, existe necessidade de enquadrá-la com um planeamento adequado por forma a rentabilizar o processo e a sua utilização num contexto de actualização multi-escala.

Assim a conceptualização do processo de actualização cartográfica, particularmente no contexto do IGeoE, deve encarar-se de forma abrangente, prevendo-se que a informação ora adquirida, seja utilizada para a actualização de cartografia de várias escalas, o que implicará uma adequada partição dos blocos, do Território Nacional. Enquadra-se assim, este processo, na actualização da base de dados vectorial orientada para a escala 1/25 000, indo de

encontro às necessidades determinadas pelo IGeoE quer no âmbito da sua missão quer no âmbito dos acordos estabelecidos.

Ainda neste âmbito, há a contemplar as transformações necessárias, nomeadamente de *Datum*, por forma a garantir a integridade da informação, havendo pois que providenciar os elementos adequados para o efeito, recorrendo a uma metodologia adequada.

### Fontes de Dados

Com o processo de actualização cartográfica, um dos objectivos fundamentais subjacentes é o ganho em tempo, projectando-se obviamente o processo, num intervalo temporal de realização muito mais curto, permitindo fornecer aos mais diversos utilizadores, com uma periodicidade deveras superior, uma matriz vectorial actualizada e de dimensão nacional.

Concorrente com os aspectos técnicos do processo de actualização, estão subjacentes as diversas fontes de dados passíveis de utilização, quer por interesse mútuo quer pela já cooperação existente com os mais diversos órgãos e instituições.

Assim, o levantamento das fontes de dados bem como a sua origem e ainda as suas especificações técnicas, constituem objectivo de estudo e catalogação, permitindo recolher informação integrável na nova matriz de informação geográfica por forma a encurtar o processo e ainda reduzir custos, nomeadamente de trabalhos de campo, até porque, o levantamento destas fontes e a consequente recolha dos dados pressupõe à partida tratar-se de informação convenientemente validada e portanto directamente integrável no processo de actualização cartográfica.

A título de exemplo citam-se, de entre outras fontes utilizáveis, a rede viária e sua classificação bem como a rede de distribuição eléctrica.

### Síntese Conclusiva

A actualização cartográfica no IGeoE constitui uma prioridade no âmbito da produção de informação vectorial geo-referenciada, pelo que desde o início de 2003, e na sequência da constituição de um grupo de trabalho para o efeito, se tem vindo a desenvolver um conjunto de tarefas conducentes a tal actividade.

Assim, tem-se efectuado um trabalho sistemático que, com base numa análise cuidada da informação vectorial existente, pretende também efectuar um levantamento exaustivo de todas as fontes de dados passíveis de utilização, e que consequentemente leve à adopção de uma metodologia de trabalho a desenvolver futuramente tendo em vista o objectivo proposto.

Neste trabalho, o objectivo global é efectuar a actualização cartográfica do território nacional num período que varia entre os cinco e quinze anos, através de uma partição do território nacional que permita uma actualização diferenciada de acordo com o índice de desactualização verificado, garantindo à grande diversidade de utilizadores nas mais variadas áreas de actividade, a existência de uma matriz vectorial geo-referenciada actual, constituindo uma mais valia nacional.

Neste contexto, pretende-se ainda satisfazer as necessidades de actualização multi-escala, bem como propor uma metodologia a seguir através do desenho de um fluxo de trabalho adequado e que será oportunamente complementado com normas técnicas e em conformidade com o catálogo de objectos que tem vindo a ser estudado em paralelo por outro grupo de trabalho.

O IGeoE, está cada vez mais ciente da mais valia que irá introduzir na sua cartografia, e por conseguinte, extremamente determinado na consecução do objectivo definido, e que se julga que a curto/médio prazo estará em condições de disponibilizar à comunidade nacional informação geo-referenciada de qualidade cada vez mais actual.



# As Redes Neurais Artificiais na transformação de coordenadas geodésicas

> Luis Nunes, Tenente-Coronel Art, Eng<sup>o</sup> Geógrafo  
lnunes@igeoe.pt

*Este trabalho tenta avaliar a capacidade da utilização de redes neuronais artificiais (RN) na transformação de coordenadas entre sistemas geodésicos diferentes. Os procedimentos incluíram aprendizagem supervisionada para a determinação das funções de transformação, a fim de permitir a regressão de valores. As diferenças encontradas na transformação de coordenadas obtidas através do recurso ao Sistema Pericial e as obtidas através de processos matemáticos nacional e internacionalmente aceites, foi ainda objecto de estudo e análise. O problema apresentado é relevante, porque a transformação entre sistemas de coordenadas é hoje em dia cada vez mais importante para os diversos utilizadores incluindo a comunidade científica, devido às diferenças entre os sistemas locais e globais como os utilizados em Portugal, Timor e Afeganistão entre outros, e o do sistema Global Positioning System (GPS).*

## Introdução

O recurso ao posicionamento por satélites permite hoje em dia a obtenção de posições geodésicas de pontos na superfície da Terra, sendo hoje em dia uma tarefa comum, inclusive para aplicações que exigem um rigor elevado, como sejam os casos de levantamentos de pormenor de obras de arte, cadastro e outras. As observações por períodos longos com pós-processamento dos dados, conduzem a precisões posicionais das coordenadas na ordem do centímetro e, em alguns casos, na ordem do milímetro. No entanto, tais coordenadas são determinadas num sistema geodésico, o *World Geodetic System 84 (WGS84)* que não é o sistema geodésico oficial do país.

O conjunto de operações matemáticas que permitem a transformação de coordenadas entre sistemas de referência e/ou geodésicos é necessário sempre que se deseja expressar as coordenadas de um ponto num sistema de referência diferente do que foi utilizado no seu levantamento original. Este problema é relevante hoje em dia, por diversos motivos, havendo a destacar em Portugal o facto de existirem dois sistemas de referência oficiais, (Hayford-Gauss/Lisboa e Datum73/Melriça), sendo qualquer deles diferente do utilizado pelo sistema *Global Positioning System (GPS)*, o WGS84, tecnologia cada vez mais comum em actividades de lazer, científicas e profissionais na área das Ciências Geográficas e demais. Contudo, existem ainda situações mais específicas, como a das Forças Nacionais Destacadas, que utilizam cartografia e navegam em teatros de operações (TO) nos quais os sistemas de referência são muitas vezes desconhecidos, e em que, os conhecidos com algum rigor diferem também dos utilizados nos equipamentos GPS, como nos casos dos TOs de Timor, Afeganistão e da Ex-Jugoslávia.

## Identificação do problema

Um dos casos mais complexos de transfor-

mação de coordenadas, é aquele onde é exigida uma transformação entre sistemas de referência com *Data* diferentes, em que, os elipsóides de referência diferem também nas suas características, além dos próprios sistemas de projecção em si mesmos.

Para realizar as diversas transformações de coordenadas existem vários métodos, de acordo com as características do sistema em que se encontra o ponto originalmente e daquele para onde se pretende transformar. Entre os métodos conformes existem os que realizam apenas translações, os que realizam translações e mudança de escala, e os que realizam translações, mudança de escala e rotações nos eixos cartesianos geocêntricos do sistema de referência original, para o aproximar do sistema de destino. Outros métodos permitem uma transformação variável no espaço, tendo em conta as distorções de um sistema e incorporando a modelagem dos resíduos da transformação conforme.

Para cada método de transformação, existem valores de parâmetros para cada par de sistemas, de origem e destino. Assim, existem valores para os parâmetros de transformação entre os sistemas WGS84 e o ED50, por exemplo. Podem existir valores de parâmetros específicos para determinadas zonas de aplicação do mesmo, como a transformação entre os *Data* locais das Ilhas dos Açores e Madeira, e o sistema WGS84. Ainda para o mesmo par de sistemas de origem e destino numa determinada zona geográfica, podem existir valores diferentes para os parâmetros, dependendo da densidade e da qualidade da ligação entre os dois sistemas (quantidade e precisão/exactidão dos pontos de controlo com coordenadas conhecidas nos dois sistemas).

Como exemplo prático, um utilizador em território nacional que esteja a utilizar cartografia do Instituto Geográfico do Exército (coordenadas Hayford-Gauss / Elipsóide Internacional) e que pretenda utilizar um equipamento GPS, terá que converter as coordenadas do receptor para o sistema cartográfico, ou as do mapa que

estiver a utilizar para o sistema WGS84 pois este é o utilizado pelo NAVSTAR/GPS, ou seja, é o sistema padrão nos aparelhos comerciais. Para isso, têm de ser feitas transformações entre os dois sistemas para satisfazer determinado objectivo pretendido, e, em muitos casos, existe por parte do utilizador uma preocupação em relação ao erro cometido no momento desta transformação. O maior problema consiste no desconhecimento, em muitos casos, dos parâmetros de transformação entre o sistema da carta utilizada e o do sistema WGS84.

Neste trabalho avaliaremos a transformação mais complexa entre sistemas, portanto, com coordenadas geodésicas diferentes e sistemas de projecção também diferentes, mais concretamente entre:

- 1) O sistema de coordenadas Hayford Gauss datum de Lisboa (HG/LX) e o sistema Universal Transversal Mercator (UTM) com elipsóide WGS84;
- 2) O sistema de coordenadas Hayford Gauss datum de Lisboa (HG/LX) e o sistema Universal Transversal Mercator (UTM) com elipsóide ED50.

A razão de escolha destas transformações prende-se com o facto de serem das mais utilizadas a nível nacional e internacional, como descrito anteriormente para o sistema WGS84.

Para serem cumpridas os objectivos anteriores, foram assumidos os seguintes pressupostos:

- 1) Os sistemas descritos estão perfeitamente definidos e existem parâmetros conhecidos a nível nacional, para converter pontos de controlo de Hayford Gauss nos outros (UTM/WGS84 e UTM/ED50 respectivamente);
- 2) Para o objecto do estudo, iremos recorrer à utilização de um sistema pericial, através de aprendizagem supervisionada, na tentativa de poder substituir os complexos processos tradicionais de cálculo de transformação de

coordenadas. Isto é, iremos dar a conhecer pontos num sistema e no seu equivalente, a fim do sistema pericial poder determinar uma função que substitua o método tradicional de cálculo. Dada a complexidade mencionada anteriormente e que seguidamente irá ser demonstrada das funções a determinar, este pretende ser realmente um desafio para testar funcionalidades elevadas do sistema pericial;

- 3) Numa zona de teste irão ser utilizados um conjunto de pontos de controlo calculados num e noutro sistema geodésico, de modo a obter a melhor precisão na transformação a ser efectuada pelo sistema pericial;
- 4) Terá de ser verificado que o sistema pericial conseguiu determinar a função pretendida após a aprendizagem e com a melhor precisão conseguida para o conjunto de pontos, avaliar a sua utilização para trabalhos topográficos e cartográficos, comparando os resultados obtidos com as precisões aconselháveis para trabalhar nas diferentes escalas cartográficas.

### Métodos de transformação de coordenadas

Com a finalidade de destacar a complexidade da função a obter pelo sistema pericial no primeiro caso concreto da transformação de coordenadas HG/LX para UTM/WGS84, tem que ser referido um dos esquemas possíveis que poderia ser seguido num processo convencional de transformação de coordenadas (ver figura 1):

- 1- transformar as coordenadas conhecidas no datum 1 (HG/LX) para coordenadas geodésicas
- 2- transformar as coordenadas geodésicas em coordenadas geocêntricas
- 3- efectuar uma transformação do datum1 (LISBOA) para o datum2 (WGS84)
- 4- converter de coordenadas geocêntricas para coordenadas geodésicas

- 5- converter as coordenadas geodésicas em coordenadas UTM/WGS84

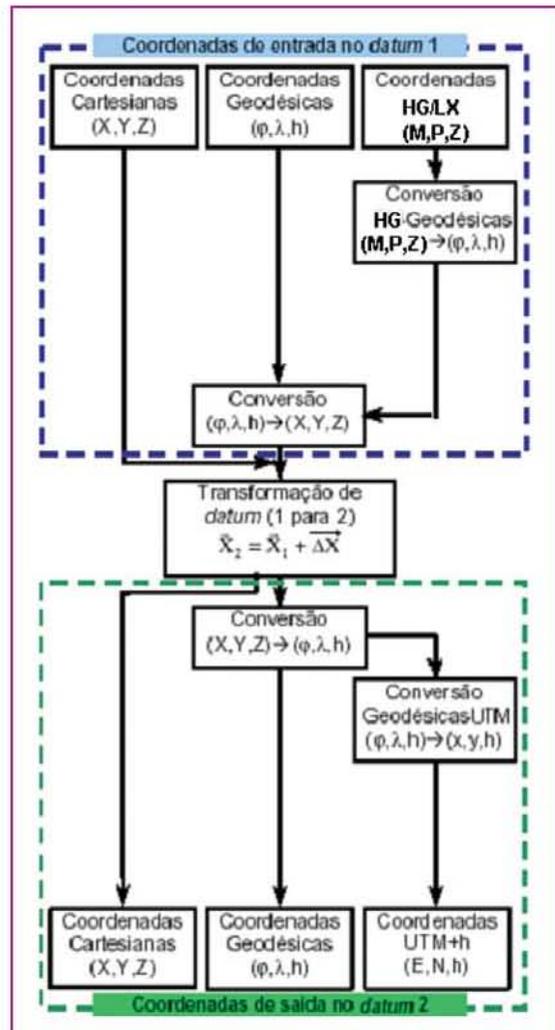


Figura 1 – Métodos de Transformação de Coordenadas por processos convencionais

Do processo descrito anteriormente, vamos individualizar algumas das variáveis em presença, focalizando a nossa atenção nas partes integrantes da transformação descrita, tendo em consideração que ela será efectuada pelo processo mais simples de transformação de Datum (Método de Molodensky), de modo que se perceba a real dimensão do problema.

- 1- Para transformação de coordenadas HG/LX em coordenadas geodésicas, temos que utili-

zar o seguinte formulário, para calcular as componentes do Desvio da Vertical no ponto:

$$\xi = \frac{x - FN}{k_0 \cdot \hat{a}}$$

$$\eta = \frac{y - FE}{k_0 \cdot \hat{a}}$$

Em que x e y são as coordenadas do ponto, e em que FE e FN são os falsos estes e Falsos Nortes do sistema de referência. No caso de Portugal, FE = 200000m e FN = 300000m.

Seguidamente:

$$\xi' = \xi - \delta_1 \sin 2\xi \cosh 2\eta - \delta_2 \sin 4\xi \cosh 4\eta - \delta_3 \sin 6\xi \cosh 6\eta - \delta_4 \sin 8\xi \cosh 8\eta - \dots$$

$$\eta' = \eta - \delta_1 \cos 2\xi \sinh 2\eta - \delta_2 \cos 4\xi \sinh 4\eta - \delta_3 \cos 6\xi \sinh 6\eta - \delta_4 \cos 8\xi \sinh 8\eta - \dots$$

$$\delta_1 = \frac{1}{2}n - \frac{2}{3}n^2 + \frac{37}{96}n^3 - \frac{1}{360}n^4 + \dots$$

$$\delta_2 = \frac{1}{48}n^2 + \frac{1}{15}n^3 - \frac{437}{1440}n^4 + \dots$$

$$\delta_3 = \frac{17}{480}n^3 - \frac{37}{840}n^4 + \dots$$

$$\delta_4 = \frac{4397}{161280}n^4 + \dots$$

A latitude conforme e a diferença em longitude são dadas respectivamente por:

$$\varphi^* = \arcsin(\sin \xi' / \cosh \eta')$$

$$\delta\lambda = \arctan(\sinh \eta' / \cos \xi')$$

Finalmente, a latitude e longitude do ponto em coordenadas geodésicas, são obtidas através de:

$$\lambda = \lambda_0 + \delta\lambda$$

$$\varphi = \varphi^* + \sin \varphi^* \cos \varphi^* (A^* + B^* \sin^2 \varphi^* + C^* \sin^4 \varphi^* + D^* \sin^6 \varphi^* + \dots)$$

onde A, B, C, D, e ... são calculadas através de desenvolvimento também em série:

$$A^* = (e^2 + e^4 + e^6 + e^8 + \dots)$$

$$B^* = -\frac{1}{6}(7e^4 + 17e^6 + 30e^8 + \dots)$$

$$C^* = \frac{1}{120}(224e^6 + 889e^8 + \dots)$$

$$D^* = -\frac{1}{1260}(4279e^8 + \dots)$$

2-As coordenadas geocêntricas podem ser calculadas a partir das coordenadas geodésicas através de:

$$X_0 = (N + h_0) \cos \varphi_0 \cos \lambda_0$$

$$Y_0 = (N + h_0) \cos \varphi_0 \operatorname{sen} \lambda_0$$

$$Z_0 = [(N(1 - e^2) + h_0) \operatorname{sen} \varphi_0]$$

onde  $N$  é o raio de curvatura do primeiro vertical (pequena normal) e  $e$  é a primeira excentricidade do elipsóide:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \varphi_0}}$$

$$e^2 = f(2 - f)$$

3 - A transformação de datum mais simples, pode ser efectuada pelas fórmulas reduzidas de Molodensky, cujo método utiliza 5 parâmetros:  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta f$ . A sua fórmula aplica a transformação directamente nas coordenadas geodésicas do sistema de origem:

$$\Delta \varphi'' = \{-\Delta X \operatorname{sen} \varphi \cos \lambda - \Delta Y \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \lambda + \Delta Z \cos \varphi + \Delta a (R_M e^2 \operatorname{sen} \varphi \cos \varphi) / a + \Delta f [R_M (a/b) + R_M (b/a)] \operatorname{sen} \varphi \cos \varphi\} \cdot [(R_M + h) \operatorname{sen} 1'']^{-1}$$

$$\Delta \lambda'' = [-\Delta X \operatorname{sen} \lambda + \Delta Y \cos \lambda] \cdot [(R_M + h) \cos \varphi \operatorname{sen} 1'']^{-1}$$

$$\Delta h = \Delta X \cos \varphi \cos \lambda + \Delta Y \cos \varphi \operatorname{sen} \lambda + \Delta Z \operatorname{sen} \varphi - \Delta a (a/R_M) + \Delta f (b/a) R_M \operatorname{sen}^2 \varphi$$

onde:

$\phi, \lambda, h$  = coordenadas geodésicas do sistema de origem

$\phi$  = latitude geodésica

$\lambda$  = longitude geodésica

$h = N + H$

sendo:

$h$  = Altitude Geodésica (em relação ao elipsóide)

$N$  = Altitude em relação ao nível do mar (altitude do Geóide)

$H$  = Altitude Ortométrica (altitude relativa, entre o geóide e o elipsóide)

$\Delta \phi, \Delta \lambda, \Delta h$  = Variações entre as coordenadas de um sistema para outro

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  = Parâmetros de translações planas envolvendo coordenadas geodésicas métricas entre um sistema e outro.

$a$  = Semi-eixo maior do elipsóide

$b$  = Semi-eixo menor do elipsóide

$b/a = 1 - f$

sendo:

$f$  = achatamento do elipsóide

$\Delta a, \Delta f$  = diferenças do semi-eixo maior e do achatamento entre um elipsóide e outro.

$e$  = Primeira excentricidade, que é dada por:  $e^2 = 2f - f^2$

$R_N$  = Raio da curvatura do primeiro vertical (pequena normal), que é dado por:

$$R_N = a / (1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi)^{1/2}$$

$R_M$  = Raio da curvatura no meridiano (grande normal), que é dado por:

$$R_M = a(1 - e^2) / (1 - e^2 \text{sen}^2 \varphi)^{3/2}$$

É conveniente mencionar para a abordagem final aos resultados obtidos, que caso se pretenda obter uma precisão e exactidão com maior rigor, teriam que ser utilizadas as fórmulas completas de Molodensky, que possuem um carácter mais geral, levando em conta uma variação do factor de escala,  $dk$ , e pequenas rotações nos eixos cartesianos coordenados representados pelos ângulos,  $dE_x$ ,  $dE_y$ ,  $dE_z$ , ou seja:

$$\Delta\phi = \frac{\text{sen}\phi_1 \cos\lambda_1}{M+H} \Delta x + \frac{\text{sen}\phi_1 \text{sen}\lambda_1}{M+H} \Delta y - \frac{\cos\phi_1}{M+H} \Delta z + \frac{a^2/N+H}{M+H} \text{sen}\lambda_1 dE_x - \frac{a^2/N+H}{M+H} \cos\lambda_1 dE_y +$$

$$+ \frac{[1-(1-f)^2]N}{M+H} \cos\phi_1 \text{sen}\phi_1 (dk + \frac{da}{a}) + \frac{M+(1-f)^2N}{M+H} \cos\phi_1 \text{sen}\phi_1 \frac{df}{1-f}$$

$$\Delta\lambda = \frac{\text{sen}\lambda_1}{(N+H) \cos\phi_1} \Delta x - \frac{\cos\lambda_1}{(N+H) \cos\phi_1} \Delta y - \frac{(1-f)^2 N + H}{N+H} \text{tg}\phi_1 \cos\lambda_1 dE_x -$$

$$- \frac{(1-f)^2 N + H}{N+H} \text{tg}\phi_1 \text{sen}\lambda_1 dE_y + dE_z$$

$$dH = -\Delta x \cos\phi_1 \cos\lambda_1 - \Delta y \cos\phi_1 \text{sen}\lambda_1 - \Delta z \text{sen}\phi_1 + [1-(1-f)^2] N \text{sen}\phi_1 \cos\phi_1 \text{sen}\lambda_1 dE_x -$$

$$- [1-(1-f)^2] N \text{sen}\phi_1 \cos\phi_1 \cos\lambda_1 dE_y - (a^2/N+H) dk - \frac{a}{N} da + (1-f)^2 N \text{sen}^2 \phi_1 \frac{df}{1-f}$$

4 - Em seguida, terão que ser transformados os desvios obtidos, novamente em coordenadas geodésicas, e transformadas para o sistema de referência pretendido (neste caso o UTM), recorrendo para isso às fórmulas com desenvolvimento em série, e em que a precisão advém também do número dos termos a aplicar:

$$E = FE + k_0 \nu \cdot \left[ A + (1 - T + C) \frac{A^3}{6} + (5 - 18T + T^2 + 72C - 58e'^2) \frac{A^5}{120} \right]$$

para o cálculo dos Estes, e:

$$N = FN + k_0 \cdot \left\{ M - M_0 + \nu \tan \varphi \left[ \frac{A^2}{2} + (5 - T + 9C + 4C^2) \frac{A^4}{24} + (61 - 58T + T^2 + 600C - 330e'^2) \frac{A^6}{720} \right] \right\}$$

para o cálculo dos Nortes, em que:

$$T = \tan^2 \varphi$$

$$A = (\lambda - \lambda_0) \cos \varphi$$

$$C = \frac{e^2}{1 - e^2} \cos^2 \varphi = e'^2 \cos^2 \varphi$$

$$M = a \cdot \left[ \begin{array}{l} \left( 1 - \frac{e^2}{4} - \frac{3e^4}{64} - \frac{5e^6}{256} - \dots \right) \varphi \\ - \left( \frac{3e^2}{8} + \frac{3e^4}{32} + \frac{45e^6}{1024} + \dots \right) \sin 2\varphi \\ + \left( \frac{15e^4}{256} + \frac{45e^6}{1024} + \dots \right) \sin 4\varphi \\ - \left( \frac{35e^6}{3072} + \dots \right) \sin 6\varphi + \dots \end{array} \right]$$

Em jeito de resumo, podem assim ser tabeladas algumas das variáveis presentes nas transformações de coordenadas entre os dois sistemas mencionados (HG/LX e UTM/WGS84):

a	Eixo maior do elipsóide	$\lambda_f$	longitude da falsa origem
b	Eixo menor do elipsóide	$\varphi_1$	latitude paralelo de referência
f	Factor de achatamento	$k_0$	Factor de escala
e	Primeira excentricidade, onde $e^2 = 2f - f^2$	E	Estes do ponto a ser transformado
e'	Segunda excentricidade, onde $e'^2 = e^2 / (1 - e^2)$		em UTM/WGS84
$\rho$	Raio de curvatura do meridiano à latitude j	N	Nortes do ponto a ser transformado
$\nu$	Raio de curvatura no primeiro vertical à latitude j		em UTM/WGS84
$\varphi$	Latitude do ponto a ser transformado	FE	Falsos Estes
$\lambda$	Longitude do ponto a ser transformado	FN	Falsos Nortes
$\varphi_0$	Latitude do ponto origem do datum	$E_C$	Estes do ponto central da projecção
$\lambda_0$	Longitude do ponto origem do datum	$N_C$	Nortes do ponto central da projecção
$\varphi_f$	latitude da falsa origem	M,P	coordenadas X,Y do ponto a ser transformado em HG/LX

Por se considerar que esta transformação ilustra de um modo geral o problema de transformação de coordenadas entre dois sistemas de projecção distintos, não foi considerado útil para o trabalho realizar o mesmo procedimento descritivo para a segunda conversão a executar pelo sistema, ou seja, de coordenadas HG/LX para UTM/ED50.

Pelo desenvolvimento matemático efectuado, pode já concluir-se que não será apenas uma função a calcular pelo Sistema Pericial para transformar as coordenadas HG/LX de (M e P) para UTM/WGS84 (E e N). Existirá a necessidade de calcular quatro funções ( $M \Rightarrow E_{WGS84}$ ), ( $P \Rightarrow N_{WGS84}$ ), ( $M \Rightarrow E_{ED50}$ ) e ( $P \Rightarrow N_{ED50}$ ), em que, para cada uma delas, não será necessário passar pelo cálculo de todas as outras variáveis envolvidas na transformação e resumidas anteriormente, bem assim como das funções com desenvolvimento em série.

O mesmo processo será repetido para a conversão de coordenadas HG/LX para UTM/ED50.

## Concepção

Dadas as tarefas que se pretendem implementar no Sistema Pericial, ou seja, determinação de coordenadas num sistema de projecção a partir de uma base de conhecimento relativa à transformação de um conjunto de pontos num outro sistema, estamos perante um problema de Aquisição do Conhecimento do tipo Privado, em que a aprendizagem é do tipo Indutivo.

Neste caso, a aprendizagem indutiva procura extrair conhecimento a partir dos exemplos escolhidos de transformação de pontos nos dois sistemas de coordenadas, para através dessa síntese encontrar uma forma de generalização para todo o restante espaço envolvente.

Como os valores de saída são conhecidos, então é possível estimar o erro de aprendizagem, logo o tipo de aprendizagem será do tipo Supervisionada. Através de ajustamentos efectuados ao conhecimento induzido, procura-se reduzir a

diferença entre os resultados esperados e os resultados obtidos do que foi aprendido.

Estamos perante a tentativa de encontrar uma função *transformação de coordenadas* induzida a partir das informações de entrada *coordenadas dos pontos no sistema HG/LX* e das informações de saída, respectivamente *coordenadas dos pontos no sistema UTM/WGS84* e *coordenadas dos pontos no sistema UTM/ED50*, que se aproximem o mais possível da função que as relaciona, *transformação de coordenadas convencional*.

## MODELO NEURONAL

Dado o exposto anteriormente, o modelo considerado mais adequado a esta situação foi o modelo neuronal. A técnica das Redes Neurais Artificiais (RN) consiste na simulação de sistemas nervosos biológicos em programas ou circuitos digitais. Tais redes são capazes de estabelecer relações complexas entre os dados, de forma relativamente precisa, sem que seja necessário informar as redes qual a função que os relaciona [Pinkus, 1999].

Uma RN é composta por vários elementos de processamento, cujo funcionamento é bastante simples. Essas unidades, geralmente são conectadas por canais de comunicação que estão associados a determinado peso. As unidades fazem operações apenas sobre seus dados locais, que são entradas recebidas pelas suas ligações. O comportamento inteligente de uma RN advém das interacções entre os elementos de processamento (EPs) da rede.

A operação de um EP, proposta por McCullock e Pitts em 1943 (ver figura 2), pode ser resumida da seguinte maneira:

- são apresentados sinais à entrada ( $X_1, X_2, \dots, X_p$ );
- cada sinal é multiplicado por um número, ou peso ( $W_1, W_2, \dots, W_p$ ), que indica a sua influência na saída da unidade;
- é feita a soma ponderada dos sinais que produz um nível de actividade;

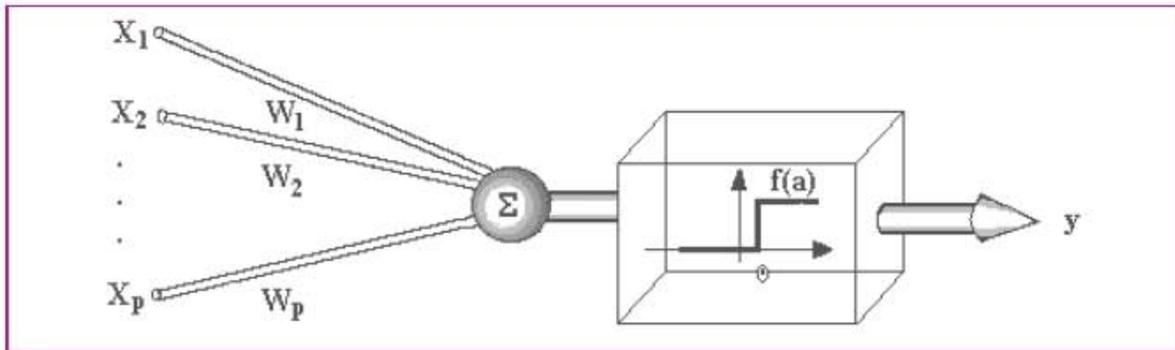


Figura 2 – Modelo de Elemento de Processamento de McCullock - Pitts

se este nível de actividade exceder um certo limite a unidade produz uma determinada resposta de saída (Y).

As arquitecturas neurais são tipicamente organizadas em camadas, com unidades que podem estar conectadas às unidades da camada posterior.

No caso do estudo, as camadas foram classificadas [Ripley, 1996], em três grupos (ver figura 3),:

- Camada de Entrada: onde os dados foram as coordenadas M e P dos pontos conhecidos no sistema HG/LX;
- Camadas Intermediárias ou Escondidas: onde foi feita a maior parte do processamento, através das ligações ponderadas;

- Camada de Saída: onde o resultado final foram as coordenadas EWGS84, NWGS84, EED50 e NED50 em cada fase do processo, o que é equivalente a referir uma nova rede para cada um dos elementos que compõem as coordenadas, ou seja, quatro redes diferentes.

Por princípio, uma RN pode calcular qualquer tipo de função que um vulgar computador digital pode computar [Valiant, 1988; Siegelmann and Sontag, 1999; Orponen, 2000; Sima and Orponen, 2001], ou até mais ainda, desde que sejam feitas suposições de praticabilidade duvidosa [Siegelmann, 1998 e Hadley, 1999]. Na prática, as RN são especialmente úteis para classificação e resolução

de problemas de estimação de funções e mapeamento, que sejam tolerantes a alguma imprecisão, das quais se disponha muitos dados para efectuar o treino, mas para os quais o estabelecimento de regras (como as que são utilizadas nos outros tipos de sistemas periciais) não possam facilmente ser aplicáveis.

Na essência, as RN tendem a trabalhar

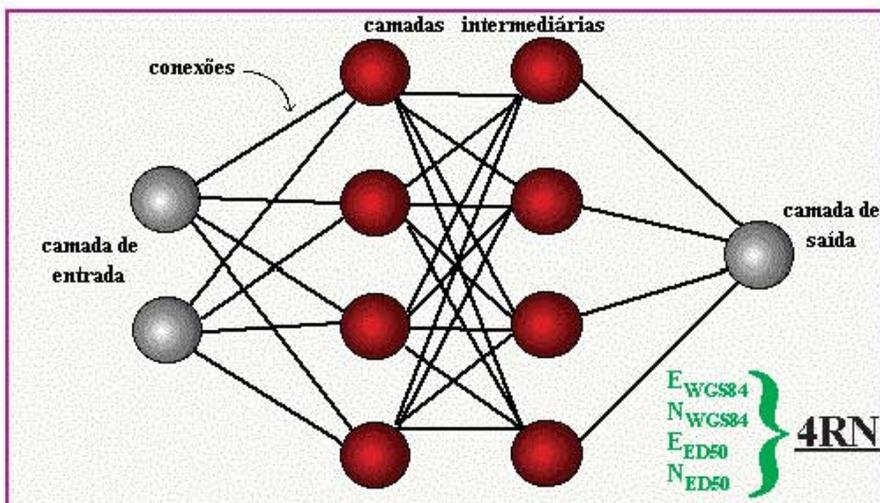


Figura 3 – Organização das camadas

com os dados de forma inteiramente diferente dos sistemas baseados em algoritmos ou conjuntos de regras, porque enquanto que as RN processam dados com base em transformações, a computação programada faz uso de algoritmos e regras. A experiência tem mostrado que essas duas abordagens de processamento da informação são complementares do ponto de vista operacional, mas incompatíveis em termos conceptuais.

### ARQUITECTURA DE REDES NEURONAIS

Existem diversos modelos de arquitectura das RN, classificados de acordo com a sua utilização. Como se pode compreender, as ligações entre as camadas podem gerar n estruturas diferentes. A ligação em si é tornar o sinal de saída num sinal de entrada, tanto para um outro neurónio quanto para o mesmo que o gerou. Enfim, a arquitectura da Rede Neuronal é livre, podendo ser modificada conforme o gosto e/ou a necessidade do idealizador de rede. Seguidamente, descrever-se-á alguns dos tipos mais importantes de redes que conduziram à escolha da mais adequada para a resolução do estudo.

Das redes clássicas, é de realçar o **Perceptron** proposta por Rosenblatt [Reed and Marks, 1999], com apenas uma camada de processamento. Vem daí a limitação dessas redes de apenas solucionarem problemas linearmente separáveis. Não existia um procedimento para o ajuste dos pesos nas redes do tipo *Perceptron* com mais de uma camada. Estes problemas foram superados em modelos de redes que surgiram a partir dos anos 80, com o desenvolvimento de técnicas de aprendizagem como, por exemplo, o *Backpropagation*.

Outro tipo de rede é a designada **Multi layer, feedforward** em que a rede é formada por diversas camadas de neurónios. Uma das limitações neste tipo de arquitectura consiste na não existência da retro-propagação.

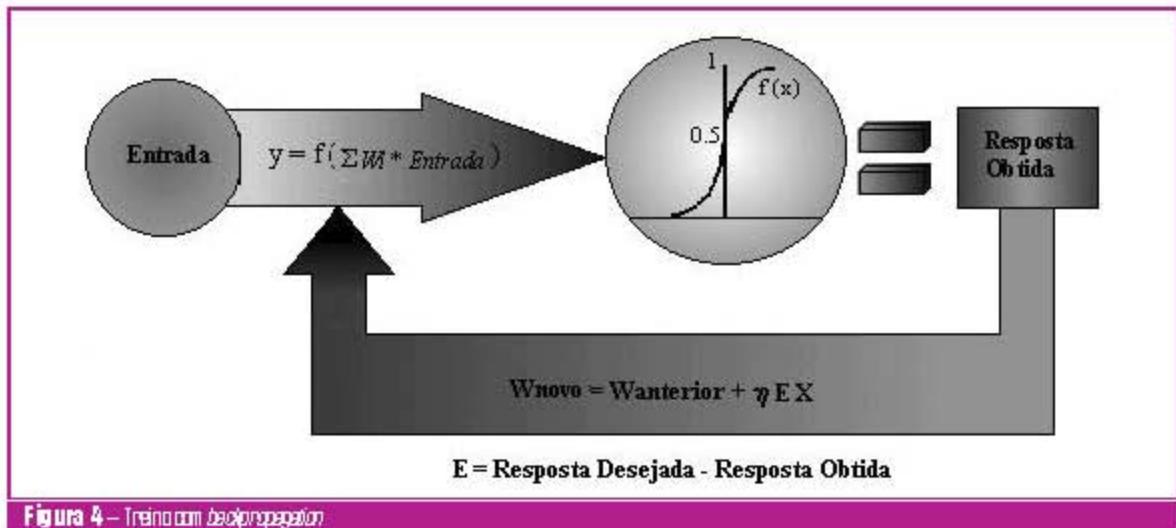
O esquema básico de uma outra rede desenvolvida neste caso por **Kohonen** é a que

tem a propriedade de se automodificar, ou seja, trata-se de uma rede não supervisionada e auto organizável. Contudo, adapta-se a uma situação de aprendizagem não supervisionada, o que não é o caso.

A rede **Multi layer, feed-forward/backward** é similar à descrita anteriormente com o mesmo nome, mas em que a diferença principal entre ambas se deve, basicamente, ao fato de que esta possuir um mecanismo de retro-propagação, o que permitiria resolver o problema da disjunção múltipla e consequentemente de processamento não linear. Trata-se de uma arquitectura contendo múltiplas camadas, mas com duas fases: *forward* e *backward*. Em 1974 Paul Werbos propôs na sua tese de doutoramento um algoritmo capaz de resolver o problema, chamado de "*Backpropagation*" ou retropropagação (ou ainda regra delta generalizada). O algoritmo BP baseia-se no modelo de aprendizagem supervisionado, retropropagando os erros da camada de saída para efectuar o treino dos pesos das camadas intermédias. A nova estrutura é uma extensão do *Perceptron*, composta de várias camadas de EPs, onde cada EP de uma camada antecedente geralmente se conecta com todos os EPs de uma camada subsequente [Pinkus, 1999]. Deste modo, esta estrutura é também chamada de **Multilayer Perceptron** (MLP).

A camada de entrada tem por objectivo transferir os estímulos apresentados aos EPs das camadas seguintes, não realizando nenhuma actividade Neural. O número de elementos dessa camada depende intrinsecamente das características do problema. A camada de saída contém tantos EPs quantos forem necessários à modelagem do problema. A estrutura pode apresentar uma ou mais camadas intermédias de EPs.

O número de camadas intermédias e a quantidade de EPs pôr camadas, depende da complexidade do problema que se deseja representar. Não há nenhuma regra que permita previamente determinar os parâmetros da (s) camada(s) intermédia (s). Eles são ajustados no



**Figura 4** – Treino com *backpropagation*

decorrer do treino e dependem muito da experiência do profissional que está a implementar a RNA.

Quase todas as funções vectoriais multidimensionais finitas, derivadas a partir de um conjunto de dados podem ser estimadas com um grau de precisão arbitrário, através do recurso a RN do tipo *feedforward* com retro-propagação (sendo um dos tipos mais utilizado em aplicações práticas), desde que se disponha de dados em número suficiente e recursos computacionais com a qualidade e capacidades exigidas [Bishop, 1995]. O conhecimento é distribuído por toda a rede, ficando memorizado na estrutura de nós e ligações que se estabelecem (ver figura 4), e nos pesos das ligações que se alcançam após a aplicação dos algoritmos de treino.

## Implementação

A **zona de estudo escolhida** consistiu numa área envolvente da **periferia da cidade de Lisboa**, num total de 4X4 (**16 folhas**) da Carta Militar de Portugal na escala 1:25 000, constituída pelas folhas 402 a 405, 416 a 419, 430 a 433 e 441-B a 444.

**Foram seleccionados nestas folhas, 100**

**pontos de coordenadas conhecidas no sistema HG/LX e as correspondentes nos sistemas UTM/WGS84 e UTM/ED50**, para servirem como base de conhecimento ao sistema pericial. Para essa transformação, foi utilizado um programa de conversão de coordenadas, desenvolvido pelo IGeoE, tendo sido sujeitas a um rigoroso processo de controlo de qualidade, a fim de garantir que a máxima precisão e exactidão eram transmitidas ao processo de aprendizagem.

**Dos 100 pontos transformados, 5% foram utilizados para validação cruzada e 5% para teste, ou seja, 90 pontos foram utilizados para treino da rede neuronal.**

Antes da execução de qualquer operação, foi executado o comando RANDOMIZE ROWS para aleatoriamente alterar as linhas de entrada dos pontos coordenados.

Como *software* de apoio, utilizou-se o programa *NeuroSolutions For Excel versão 4*.

Para o estudo em questão, optou-se por recorrer à modelação de uma rede neuronal artificial do tipo *Multilayer Perceptron* (MLP), em que é possível abarcar conhecimento não linear, facto aliás necessário, pela complexidade das fórmulas de transformação em presença.

O treino supervisionado da rede MLP, utilizando *backpropagation* consistiu em dois pas-

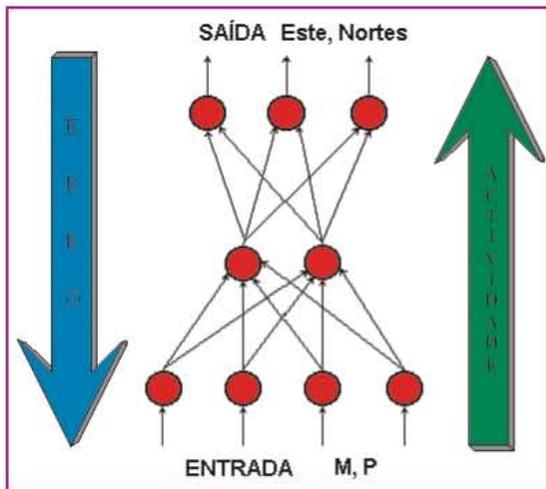


Figura 5 – Modelo geral, em que para cada rede com entrada M e P, obtínhamos separadamente Estes e Nortes para cada um dos sistemas

sos. No primeiro, os dados foram apresentado às unidades da camada de entrada e, a partir desta camada, as unidades calcularam a resposta que é produzida na camada de saída. O erro foi calculado, e no segundo passo este foi propagado a partir da camada de saída até a camada de entrada, sendo que os pesos das ligações das unidades das camadas internas foram sendo modificados, utilizando a regra delta generalizada.

A regra delta, no essencial, implementa um gradiente descendente no quadrado da soma do erro para funções de activação lineares. Esta regra é empregue com sucesso quando são utilizadas na rede EPs com uma função de activação semi-linear, que é uma função diferenciável e não decrescente. Uma função de activação amplamente utilizada, nos casos gerais, é a função *sigmoid*, contudo, para este estudo, e após pesquisa através de variadíssimas tentativas

(cerca de três semanas para otimizar o desempenho da RN), foi considerado que a **função de activação que melhor desempenho tinha** no cálculo das coordenadas, era a **Linear TanhAxon**. Isso verificou-se para todas as 4 Redes Neurais.

Redes sem camadas intermédias podem resolver problemas onde a superfície de erro tem a forma de um parabolóide com apenas um mínimo. No entanto, a superfície do erro pode não ser tão simples e as suas derivadas tornarem-se mais difíceis de serem calculadas. Para resolver este caso, devem ser utilizadas redes com camadas intermédias, ficando no entanto, sujeitas ao problema de mínimos locais. A melhor solução para este problema foi obtida com o recurso a **duas (2) camadas intermédias, com 4 elementos por camada, em todas as 4 redes neuronais**.

Contudo, para obter o verdadeiro gradiente descendente que conduza ao mínimo absoluto, têm que ser feitas pequeníssimas alterações no factor de aprendizagem, na ordem das milésimas. Assim, quanto maior for esse valor, maior será a mudança nos pesos, aumentando a velocidade de aprendizagem, mas, mais fácil também será de se atingir apenas um mínimo local. Neste estudo, para aumentar a exactidão dos dados, foi modificada a regra delta generalizada, tendo sido utilizado o termo **Momen-**

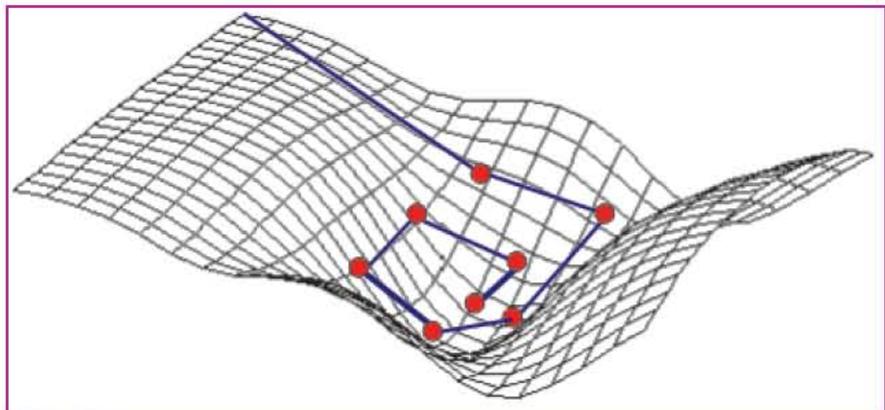


Figura 6 – Exemplo de superfície de erro, com os mínimos locais, que correspondem neste caso da Transformação de Coordenadas, a variações na ordem dos milímetros no factor de aprendizagem

tum para as 2 redes neuronais que efectuaram o cálculo dos **Estes** e o termo **DeltaBarDelta** para as 2 redes neuronais que efectuaram o cálculo dos **Nortes**.

Como referido anteriormente, para cada incógnita foi definida e criada uma nova Rede Neuronal. Assim:

### 1 - Rede Neuronal HG/LX para UTM/WGS84, cálculo dos Estes

No caso desta transformação, colocaram-se como valores de entrada as coordenadas M e P, no sistema HG/LX, e modelou-se a rede para obter a coordenada E no sistema UTM/WGS84. Esquemáticamente, poderia ser definido como  $(M, P \Rightarrow EWGS84)$ , tendo sido obtidos os seguintes resultados:

Sensitivity	Estes
M	0,585669339
P	0,005539896

Best Networks	Training	Cross Validation
Run #	2	1
Epoch #	19820	2299
Minimum MSE	4,75444E-11	2,75132E-11
Final MSE	4,76579E-11	4,94321E-07

Performance	E
MSE	0,089637812
NMSE	6,28976E-10
MAE	0,260875
Min Abs Error	0,00675
Max Abs Error	0,35775
r	1

### 2 - Processo HG/LX para UTM/WGS84 cálculo dos Nortes

Como referido anteriormente, para cada incógnita foi definida e criada uma nova Rede Neuronal. Assim, no caso desta transformação colocaram-se como valores de entrada as coor-

denadas M e P, no sistema HG/LX, e modelou-se a rede para obter a coordenada N no sistema UTM/WGS84. Esquemáticamente, poderia ser definido como  $(M, P \Rightarrow NWGS84)$ , tendo sido obtidos os seguintes resultados:

Sensitivity	Estes
M	0,005539319
P	0,585679352

Best Networks	Training	Cross Validation
Epoch #	19608	6304
Minimum MSE	1,51954E-10	1,04928E-11
Final MSE	1,52111E-10	7,21621E-11

Performance	E
MSE	0,10890325
NMSE	1,5556E-09
MAE	0,28475
Min Abs Error	0,021
Max Abs Error	0,48
r	0,999999999

### 3 - Processo HG/LX para UTM/ED50 cálculo dos Estes

No caso desta transformação, colocaram-se como valores de entrada as coordenadas M e P, no sistema HG/LX, e modelou-se a rede para obter a coordenada E no sistema UTM/ED50. Esquemáticamente, poderia ser definido como  $(M, P \Rightarrow EED50)$ , tendo sido obtidos os seguintes resultados:

Sensitivity	Estes
M	0,585679889
P	0,005539806

Best Networks	Training	Cross Validation
Epoch #	19998	3725
Minimum MSE	5,65109E-11	6,24887E-12
Final MSE	5,65175E-11	3,44057E-11

Performance	E
MSE	0,013816663
NMSE	1,18369E-10
MAE	0,10145
Min Abs Error	0,00875
Max Abs Error	0,17975
r	1

#### 4 - Processo HG/LX para UTM/ED50 cálculo dos Nortes

No caso desta transformação, colocaram-se como valores de entrada as coordenadas M e P, no sistema HG/LX, e modelou-se a rede para obter a coordenada N no sistema UTM/ED50. Esquemáticamente, poderia ser definido como  $(M, P \Rightarrow NED50)$ , tendo sido obtidos os seguintes resultados:

Sensitivity	Estes
M	0,005539319
P	0,585679352

Best Networks	Training	Cross Validation
Run #	1	1
Epoch #	29901	3980
Minimum MSE	1,57962E-10	5,21937E-11
Final MSE	1,58092E-10	1,29427E-10

Performance	E
MSE	0,07778
NMSE	9,62281E-10
MAE	0,2296
Min Abs Error	0,035
Max Abs Error	0,435000001
r	1

#### Análise dos resultados

Do estudo realizado anteriormente, importa

realçar que, do ponto de vista da transformação de coordenadas entre diferentes sistemas, este trabalho se constitui pioneiro, visto existirem indicações de não existir bibliografia vocacionada para este problema específico, ou se existe, não foi possível ao autor deste trabalho descobrir as suas referências.

Em termos de exactidão, e aplica-se este termo quando se medem os desvios entre os valores obtidos e aqueles que são tomados como reais (neste caso os obtidos pela transformação efectuada pelo programa de conversão de coordenadas do IGeoE), podemos referir que os resultados proporcionaram uma agradabilíssima surpresa. Os erros obtidos são de tal modo aceitáveis para os trabalhos cartográficos, que permite no futuro a possibilidade da utilização de redes neuronais artificiais para a conversão de coordenadas, em territórios ou mapas nos quais seja necessário determinar conversões entre sistemas, em que um deles é desconhecido.

Na exactidão das coordenadas obtidas, temos que destacar:

#### 1 - Rede Neuronal HG/LX para UTM/WGS84

No caso desta transformação, a **exactidão da coordenada dos Estes** comparativamente aos pontos de teste, variou entre **0,006m e 0,357m**.

Para obter esta precisão, a rede apenas conseguiu atingir o mínimo quando se encontrava na **época 19280**, o que significa que se tornou difícil para a rede de determinar a função.

O relacionamento entre a coordenada Estes e a coordenada M foi de 0,585669339, o que indica um bom factor de correlação.

O relacionamento entre a coordenada Estes e a coordenada P foi de 0,005539896, o que indica um factor de correlação muito pequeno.

O **factor de aprendizagem foi de 1**, o que indica que a rede neuronal, o método escolhido e a preparação dos dados foi feita com rigor, permitindo uma base de conhecimento com qualidade elevada.

**A exactidão da coordenada dos Nortes,**

comparativamente aos pontos de teste variou entre **0,021m e 0,480m**.

A rede apenas conseguiu atingir o mínimo quando se encontrava na **época 19608**, o que significa que se tornou para a rede difícil de determinar a função.

Para os outros dados (factor de aprendizagem, relacionamento com o M e P), como existiu uma semelhança de valores com o que se passou para os Estes, tornar-se-ia repetitivo estar a escrever sobre essa parte, daí dar-se por concluída esta análise para este sistema de coordenadas.

## 2 - Rede Neuronal HG/LX para UTM/ED50

No caso desta transformação, a **exactidão da coordenada dos Estes** comparativamente aos pontos de teste variou entre **0,008m e 0,179m**.

Para obter esta precisão, a rede apenas conseguiu atingir o mínimo quando se encontrava na **época 19998**.

O relacionamento entre a coordenada Estes e a coordenada M foi de 0,585669339, o que indica um bom factor de correlação.

O relacionamento entre a coordenada Estes e a coordenada P foi de 0,005539896, o que indica um factor de correlação muito pequeno.

O **factor de aprendizagem foi de 1**, o que indica que a rede neuronal, o método escolhido e a preparação dos dados foi feita com rigor, permitindo uma base de conhecimento com qualidade elevada.

A **exactidão da coordenada dos Nortes** comparativamente aos pontos de teste variou entre **0,03m e 0,435m**.

Para obter esta precisão, a rede apenas conseguiu atingir o mínimo quando se encontrava na **época 29901**.

Para os outros dados (factor de aprendizagem, relacionamento com o M e P), como existiu uma semelhança de valores com o que se passou para os Estes, tornar-se-ia repetitivo estar a escrever sobre essa parte, daí dar-se também por concluída esta análise, para este sistema de coordenadas.

## Teste do modelo

Após ter sido determinada a maior exactidão possível na transformação de coordenadas recorrendo a redes neuronais, foi escolhida uma nova zona do país para efectuar o cálculo de coordenadas, com a finalidade da validação do método para outras áreas do território nacional, tendo por base os valores calculados anteriormente. Para isso, foi-se modelar a função com pontos conhecidos numa faixa de 4X4, ou seja, 16 folhas, posicionadas no centro geométrico nacional aproximado (Vértice Geodésico Melriça). Para obter valores de precisão em Estes e Nortes consentâneos com os obtidos na primeira experiência, optou-se por recorrer agora a 160 pontos, o que representa 10 pontos por folha. Cerca de 5% foram utilizados para validação cruzada e outros 5% para teste, tendo sido produzidos cerca de 50 pontos.

Não houve a preocupação de efectuar uma busca exaustiva da precisão mais elevada como no primeiro caso (em que se demorou três semanas a efectuar tentativas de melhoramento). Ao invés, o que se procurava era saber quais os valores que se obtinham aumentando ligeiramente o número de pontos e como se comportava o cálculo da função em outras zonas do território continental.

Para uma melhor adaptação à função, foi modificada a regra delta generalizada, tendo sido utilizado o termo **Conjugated Gradient** para as duas redes neuronais que efectuaram o cálculo dos **Estes** e o termo **DeltaBarDelta** para as duas redes neuronais que efectuaram o cálculo dos **Nortes**.

Dos resultados atingidos, importa realçar que em termos de precisão os valores foram muito aproximados da primeira experiência, assim:

### 1 - Rede Neuronal HG/LX para UTM/ED50

No caso desta transformação, a **exactidão da coordenada dos Estes** comparativamente aos pontos de teste variou entre **0,037m e 0,3945m**.

A **exactidão da coordenada dos Nortes**, comparativamente aos pontos de teste variou entre 0,019 m e 0,548 m.

## 2 - Rede Neuronal HG/LX para UTM/WGS84

No caso desta transformação, a **exactidão da coordenada dos Estes** comparativamente aos pontos de teste, variou entre **0,014m e 0,685m**.

A **exactidão da coordenada dos Nortes**, comparativamente aos pontos de teste variou entre **0,03m e 0,655m**.

A produção para os 50 pontos foi muito rápida, o que é uma boa característica para possíveis utilizadores, ou seja, embora o processo de modelação e cálculo da regressão da função seja um processo moroso e lento, a partir do momento em que se tem uma boa ideia dos valores da rede neuronal e falando em termos de produção, torna-se num processo perfeitamente simples e célere

### Síntese conclusiva

As exactidões encontradas durante este estudo devem que ser abordadas segundo os conceitos de precisão e rigor em vigor pela comunidade cartográfica nacional e internacional. Como referido no ponto "*Análise dos resultados*", estes superaram qualquer expectativa que existia antes do início desta pesquisa. Apesar de em Estes, tanto num sistema como noutra, serem inferiores às obtidas em Nortes, o que interessava determinar era o erro máximo em cada um deles, visto que é este valor que interessa a quem executa trabalhos topocartográficos. **Assim, na transformação HG/LX para UTM/WGS84 o erro máximo foi de 0,480m. Na transformação HG/LX para UTM/ED50 o erro máximo foi de 0,435 m.** Os resultados apresentam-se consentâneos entre si pelo valor obtido nos dois sistemas, variando apenas em cerca de 45 mm.

Se compararmos estes resultados com os valores de referência descritos no manual do programa TRANSCoord Versão 1.0/1999, programa oficial de coordenadas do Instituto

Geográfico Português, que refere no seu ponto 3.4 – Precisoões, o seguinte:

*"...as incertezas máximas variam entre os **três metros** para a transformação de Molodensky, até aos **20 centímetros**, por Bases. A transformação a sete parâmetros garante incertezas inferiores aos **dois metros**..."*

Portanto, os resultados obtidos suplantam em exactidão dois tipos de transformação do programa oficial, sendo apenas ultrapassados pela Transformação por Bases. No entanto, ainda outro dado acessório vem dar mais força a este método, porque se efectuarmos uma transformação de coordenadas nos dois programas oficiais do IGP e do IGeoE, verificamos que entre eles podem existir diferenças numa ordem de grandeza até cerca de 50 cm em diferentes zonas do território continental.

Se nos cingirmos ao recomendado para as diferentes escalas de mapas e cartas pelos organismos internacionais de produção cartográfica, podemos ver do outro lado do Atlântico, que o *United States Geological Survey (USGS)* estipula para cartas até à escala 1:25 000 um erro admissível de 30 polegadas (aproximadamente 7,26m). Na Europa, existe um consenso ao redor do erro de graficismo, que usualmente é aceite como duas décimas de milímetro. Se quisermos ser mais rigorosos e considerarmos metade deste erro, ou seja, uma décima de milímetro, poderemos assumir **como erros admissíveis cerca de 2,5 metros para a escala 1:25 000 e cerca de 1 metro para a escala 1:10 000.**

Portanto, mesmo que estivéssemos a trabalhar com uma escala de 1: 10 000, o erro obtido pela rede neuronal artificial na transformação de coordenadas, ainda era de metade do máximo aceitável, donde se pode concluir que os valores obtidos em produção, se encontrariam perfeitamente dentro dos limites até esta escala, podendo apenas a partir da escala 1:5 000 começarem a ser duvidosos.

Convém ainda salientar que para obter a precisão mais elevada, foram utilizados 100 pontos para um total de 16 folhas da escala 1:25 000,

o que significa que apenas **foram necessários menos de 7 pontos por folha**, o que é na realidade uma quantidade muito pequena exigida, **para uma área de 2560 Km<sup>2</sup>**.

Po tudo o exposto, considera-se assim que as transformações realizadas pelas redes neuronais estão perfeitamente dentro dos limites aconselhados pelos organismos oficiais nacionais e internacionais, mas mais importante ainda, ficou provada a capacidade de utilização de redes neuronais artificiais na transformação de coordenadas na sua vertente mais complexa, o que poderá permitir no futuro, o recurso a este tipo de procedimento como alternativa aos métodos tradicionais, possibilitando maior flexibilidade na preparação de cartografia em áreas onde se desconhecem parâmetros de transformação entre sistemas locais e o WGS84 (como a nível local em Portugal continental e nas regiões autónomas da Madeira e Açores), em áreas onde tenha existido destruição da rede geodésica ou não exista informação suficiente dos *data* geodésicos existentes na cartografia como em Angola, Afeganistão e Timor.

## Bibliografia

- Bishop**, C.M. (1995), *Neural Networks for Pattern Recognition*, Oxford: Oxford University Press.
- Bryce**, L. Meyer (1996), "Use of a Neural Network with Supervised Learning to Simulate the Feeding Response Behaviour of a Largemouth Bass" <http://www.combat-fishing.com/NeuralNet/FILBFRT.htm>
- C.Lau**, (1991), "Neural Networks, Theoretical Foundations and Analysis", IEEE Press.
- Faragó**, A. and Lugosi, G. (1993), "Strong Universal Consistency of Neural Network Classifiers" *IEEE Transactions on Information Theory*, 39, 1146-1151.
- Hadley**, R.F. (1999), "Cognition and the computational power of connectionist networks," <http://www.cs.sfu.ca/~hadley/online.html>
- Hammerton**, J.A. (1998), "Holistic Computation: Reconstructing a muddled concept," *Connection Science*, 10, 3-19, <http://www.tardis.ed.ac.uk/~james/CNLP/holcomp.ps.gz>
- Haykin**, S. (1994), *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, NY: Macmillan.
- Nigrin**, A. (1993), *Neural Networks for Pattern Recognition*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DE CARTOGRAFIA E CADASTRO**, (1999) "Manual do Programa TransCoord", [http://www.google.pt/search?q=cache:8aiQL2z8\\_2sj:w3.ualg.pt/~lnunes/Textosdeapoio/Manual%2520TransCoord\\_C.doc+transcoord&hl=pt-PT&ie=UTF-8](http://www.google.pt/search?q=cache:8aiQL2z8_2sj:w3.ualg.pt/~lnunes/Textosdeapoio/Manual%2520TransCoord_C.doc+transcoord&hl=pt-PT&ie=UTF-8)
- Jyotsna Nair**, Satish S. Nair, Javad H. Kashani, John C. Reid, Venkatesh G. Rao (2001), "A Neural Network Approach To Identifying Adolescent Adjustment", [http://www.findarticles.com/cf\\_0/m2248/141\\_36/76498125/p1/article.jhtml?term=neural+network](http://www.findarticles.com/cf_0/m2248/141_36/76498125/p1/article.jhtml?term=neural+network)
- Jucilei**, C. Silvio, J. A. Garnés, C. Vieira M. Carlos, A. (1998), "Transformações de Referenciais Geodésicos", <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac98/077/077.htm>
- Judd**, J.S. (1990), *Neural Network Design and the Complexity of Learning*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Pinkus**, A. (1999), "Approximation theory of the MLP model in neural networks," *Acta Numerica*, 8, 143-196.
- Reed**, R.D., and Marks, R.J, II (1999), *Neural Smithing: Supervised Learning in Feedforward Artificial Neural Networks*, Cambridge, MA: The MIT Press, ISBN 0-262-18190-8.
- Ripley**, B.D. (1996) *Pattern Recognition and Neural Networks*, Cambridge: Cambridge University Press
- S. Y. Kung** (1993), "Digital Neural Networks", PTR Prentice Hall, Inc.
- Zurada**, J.M. (1992), *Introduction To Artificial Neural Systems*, Boston: PWS Publishing Company. 

# A produção de CADRG

> Isabel Martins, Eng<sup>a</sup> Geógrafa

O Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), através do seu Centro de Documentação Geográfica, continua a acompanhar e a desenvolver novos produtos e desafios de forma a assegurar as responsabilidades assumidas perante as comunidades militar e civil, com a produção de dados de informação geográfica de elevada qualidade e rigor, estruturados e normalizados segundo acordos e normas internacionais. Neste artigo, pretende-se descrever as principais etapas de produção de um novo produto, que permite a conversão da informação raster para um formato normalizado ARC-based utilizado a nível global por diversos sistemas de armas, denominado CADRG (Compressed ARC Digitized Raster Graphics).

Este projecto surge na sequência de compromissos internacionais assumidos por Portugal no âmbito da NATO (North Atlantic Treaty Organization) e das necessidades dos utilizadores do espaço aéreo, estando o IGeoE representado de modo indirecto mas proeminente, em projectos importantes de conhecimento público, como sejam a componente Mission Planner do Mid Life Upgrade do caça F-16 (F-16 MLU) e a componente Mission Planner do novo helicóptero EH-101 Merlin.

## Informação Geográfica Normalizada

Este projecto consiste na conversão de informação digital em formato raster (no caso do IGeoE, o TIFF) para um formato sujeito a um algoritmo de compressão extremamente potente e em que a sua geo-referenciação tem por base as normas internacionais para cartografia raster, o CRP (Compressed Raster Product), cujo objectivo principal é estabelecer um registo comum de georeferenciação para a informação a nível mundial. O sistema de referência do CRP é o Equal-second Raster Chart (ARC), sistema este que divide o globo terrestre em dezoito zonas segundo a latitude, distribuídos nove em cada um dos hemisférios.

O CADRG tem como principal função dar apoio em teatro de operações, missões de planeamento, em que haja necessidade de aceder a este tipo de informação georeferenciada, sendo o seu principal utilizador a Força Aérea a nível mundial em aviões F-16.

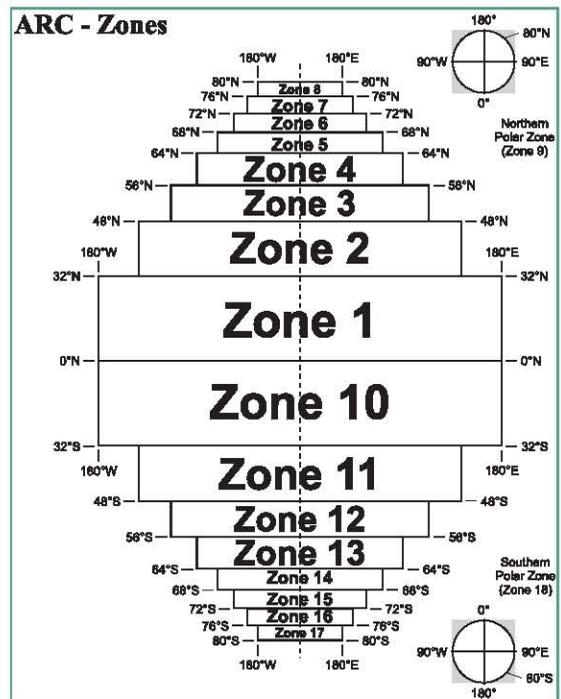


Figura 1 – As zonas internacionalmente definidas no CRP (Compressed Raster Products)

## Tratamento da informação

A informação que serve como base para a produção de CADRG são as séries cartográficas produzidas pelo IGeoE.

O processo é inicializado pela criação de três ficheiros de extensões (.at, .bat, .log), os quais contêm todos os dados necessários que serviram de input para processos posteriores.

A primeira aplicação utilizada denominada por *CadrgData.exe*, especifica do próprio *software*, tem como dados de entrada por exemplo para a escala 1\500 000:

Zona:	2
Escala:	500000
Amplitude em longitude:	4.117
Amplitude em latitude:	6.2188
Longitude de origem:	- 10.0508
Latitude de origem:	42.4952
Ficheiro .at:	500.at
Ficheiro .bat:	500.bat
Ficheiro .log:	500.log

Como *output* temos por exemplo o ficheiro .log que além de conter toda a informação acima referida, tem ainda a descrição de todas as frames que abrangem a área em questão, assim como a sua localização e designação, como a figura 2 mostra, para o exemplo da escala 250 000.

É através do *Desktop* do *windows*, acedendo por *START>Programs>Command Prompt*, que todos os executáveis e aplicações se processam.

Até que a informação esteja nas condições exigidas pelo *software* que vai produzir CADRG, o *CADRGFormatter*, é necessário percorrer uma série de procedimentos abaixo indicados :

1. A imagem RGB guardada em formato *Intergraph* é objecto de um filtro segundo um módulo que é executado em modo *batch* do *software CADRG Formatter* denominado *SPCFILTER*.

```
<< CADRG Production Software 1.0 - Frame/Subframe Information >>

Zone - 2 Scale - 250000

LatitudeOrigin - 38.000000
Longitude Origin - 67.000000
LatitudeExtent - 2.000000
Longitude Extent - 2.000000

N-S Pixel Constant- 267008
N-S Pixel Size (m)- 37.450
SubframesLatitudinal- 192
Frame Rows Latitudinal- 32
Equatorward Zone Extent- 31.5819751
Poleward Zone Extent- 48.1495686
SubframesLongitudinal - 3152
Frame Cols Longitudinal - 526
E-W Pixel Constant- 806912
E-W Pixel Size (m)- 37.46

image columns(pixels) = 6144 tiles = 4
imagerows(pixels) = 7680 tiles = 5
resample columns(mu)(deg decimal) = 0.00044614530457
resamplerows(mu)(deg decimal) = 0.00033706855225

NW Longitude 66.7005076142131966 42 1.83
NW Latitude38.3125599232981838 18 45.22
SE Longitude 69.4416243654822369 26 29.85
SE Latitude35.7238734410942535 43 25.94

Pixel Column shift - 671.3
PixelRow shift - 927.3

Frame Number- 6672
lon,lat frame origin 0 0 66.700508 38.312560
lon,lat frame extent 0 0 67.385787 37.794823
Georef Number - SJGH44
Radix Number - 005S8

Frame Number- 6673
lon,lat frame origin 1 0 67.385787 38.312560
lon,lat frame extent 1 0 68.071066 37.794823
Georef Number - SJHH24

Radix Number - 005S9
```

Figura 2 – Exemplo de um ficheiro .log para a escala 1\250000

2. Depois da aplicação do filtro na imagem, é feito um *resampling* (alteração da dimensão do *pixel*), utilizando o módulo *DWARPFIL* do *software ImageAnalyst*.

- De seguida, é gerada uma imagem em branco, com uma área superior à pretendida, na qual vai se *mergir* a imagem que sofreu o *resampling* anterior. Este processo permite garantir que não vão existir perdas de informação ou lacunas.
- Por último é criado um *Overview* e uma legenda, sendo estas geradas em função da escala da série cartográfica em causa.

### O Produto

O processo de compressão espacial utilizado é denominado por *VQ (Vector Quantization)*. Este passo consiste essencialmente na utilização de um algoritmo que emprega um *kernel* de compressão de dimensões 4 X 4, com 4096 entradas de código, permitindo converter uma imagem de 32 *bits* numa de apenas 216 cores, após um processo de aprendizagem efectuado interactivamente pelo operador.

Todo este processo é realizado para a imagem, legenda e *overview*.

A partir deste momento a informação está em condições de poder ser utilizada na produção de *CADRG*, utilizando o *software CADRG-Formatter* em modo normal (não *batch*).

Têm assim que ser introduzidos os seguintes dados:

- Directoria escolhida para o direccionamento dos dados
- Denominação do mapa a utilizar
- Nome da imagem de entrada
- Zona
- Latitude e longitude de origem, assim como a amplitude da zona a produzir
- Tabela de cores associada

Temos como informação complementar, uma secção *RPF Coverage Áreas*, a qual tem uma série de dados que completam o produto, tais como o tipo de *datum* de elipsóide, data de produção, precisões utilizadas, etc., conforme a figura 4.

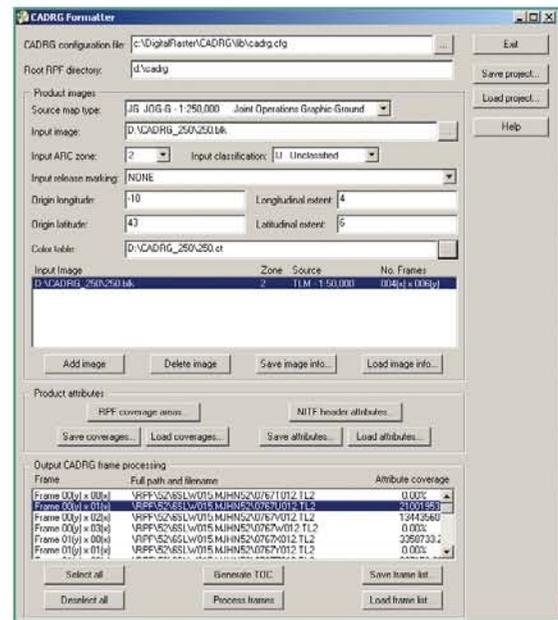


Figura 3 – Visualização da janela do CADRGFormatter

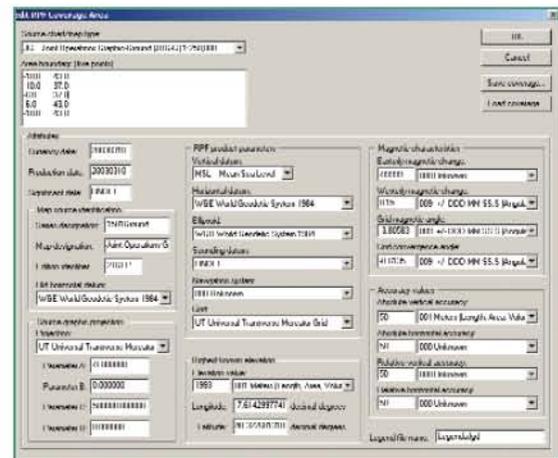


Figura 4 – Janela de Edit RPF Coverage Areas

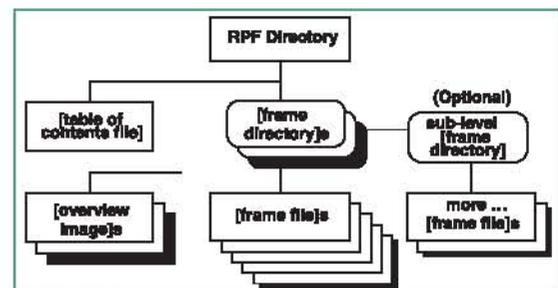


Figura 5 – Estrutura de frames e sub-frames para um mais rápido acesso e visualização dos dados

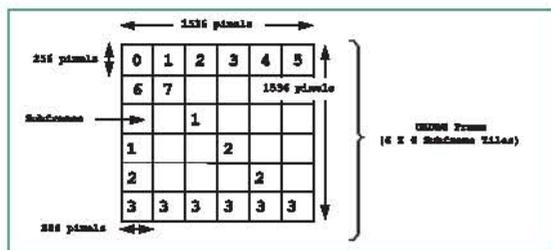


Figura 6 – Constituição de frames

Após ser processado no *CADRGFormatter*, imediatamente é gerada uma estrutura de arquivo denominada por RPF (*Raster Product Format*), onde vão ser colocadas todas as frames geradas, o *overview* e a legenda, criados ao longo de toda o processo.

Cada frame de dimensão (1536 X 1536) pixels,

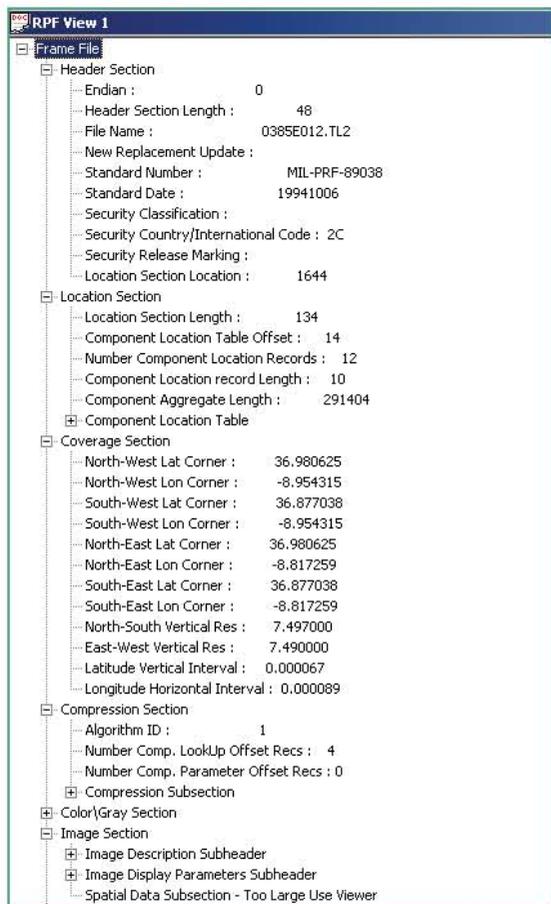


Figura 7 – Exemplo de estrutura de um directorio RPF

fica devidamente identificada por um cabeçalho de secção, secção local e secção de cobertura, secção de compressão, secção de cor, de imagem e de atributo, conforme a figura 7.

O cartograma das frames é gerado em ambiente *MicroStation*, através de um ficheiro de texto que tem as coordenadas de todos os quatro cantos que definem as frames. Este ficheiro de coordenadas teve origem num executável que pedia como dados de entrada : a escala do produto, zona geográfica, amplitude e longitude, assim como latitude e longitude de origem.

As características geográficas em que o CADRG é produzido são :

- { Datum horizontal WGS84
- { Elipsóide WGS84
- { Sistema de coordenadas geográficas

### Dificuldades de produção

Devido às características geográficas exigidas e ao facto de alguma cartografia de base utilizada não se encontrar dentro destes parâmetros, tais como as escalas 1\500 000 e 1\50 000, foi necessário fazer uma preparação prévia da informação. Para a série 1\500 000 não surgiram grandes problemas, visto ser uma série que está contida apenas numa folha, facilitando assim o processo de conversão.

O mesmo não aconteceu para a escala 1\50 000, uma vez esta ser constituída por 175 folhas. Foi necessário criar blocos de folhas de modo que fosse viável o seu manuseamento. Todos esses blocos criados, que cobriram o território nacional tiveram que sofrer uma transformação de Datum, elipsóide e sistema de coordenadas, para estarem conforme as normas pré-estabelecidas.

A transformação foi feita utilizando a aplicação *pxform.exe*, que permite fazer a transformação de datum e coordenadas de informação em formato raster.

<b>Sistemas de coordenadas</b>	→ Gauss ( Transversa de Mercator )	Geográficas
<b>Datum</b>	→ Lisboa	WGS84
<b>Elipsóide</b>	→ Internacional	WGS84



Figura 8 – Colocar aqui uma legenda

Como neste caso houve uma transformação de um *datum* local para um global, a informação vai ficar com uma rotação em relação á imagem inicial, criando também uma faixa negra em volta do bloco transformado. Foi então necessário criar zonas de sobreposição entre blocos, para garantir que nunca houvesse perda de informação.

### Softwares utilizados

- **Criação dos cartogramas de frames** – *Microstation (Bentley)*
- **Tratamento das imagens** – *Photoshop (Adobe)*
- **Criação de blocos** – *Image Analyst (Intergraph)*
- **Produção de CADRG** – *CADRGFormatter (Intergraph)*
- **Validação de CADRG** – *CADRGVallidator (Intergraph)*

### Síntese conclusiva

As metodologias descritas permitem ao IGeoE ter assim mais um produto normalizado NATO,

os quais desenvolve e promulga continuamente acordos de normalização (*Standardization agreements – STANAG*).

O CADRG tem como principal vantagem, o factor de compressão da informação geográfica, tornando-a leve e de fácil manuseamento.

Já está disponível para as escalas 1\50 000, 1\500 000 e 1\250 000 *Jog-Ground*, estando já em fase de preparação a série 1\250000 Air e 1\25000.

O desenvolvimento deste novo produto serve mais uma vez para realçar que o IGeoE, como casa mãe da cartografia portuguesa, está sempre disponível a novos formatos de informação geográfica, dando sempre uma mais valia á aqueles que fazem uso da cartografia digital.

### Agradecimentos

Não gostaria de finalizar este artigo sem agradecer sempre á boa vontade e disponibilidade que o Tenente-Coronel Nunes demonstrou, a todas as questões surgidas ao longo do decorrer deste projecto.



# Um estudo sobre o IPB (Intelligence Preparation of the Battlefield)

> Eduardo M. A. Pinheiro Garcia Fernandes,  
Tenente-Coronel Inf  
efernandes@igeoe.pt

> José António Guerreiro Martins,  
Tenente-Coronel Art, Eng<sup>o</sup> Informático  
martins@igeoe.pt

*A elaboração de um estudo sobre o IPB (Intelligence Preparation of the Battlefield), leva-nos a pensar na modelação do Terreno e no Inimigo, duas das variáveis presentes neste estudo. Se a isto juntarmos o facto de podermos através de indícios detectar o tipo e a actividade do Inimigo, talvez estejamos em presença de um Sistema de Apoio à Decisão. Dúvidas! Bom, talvez uma leitura atenta das próximas páginas permita vislumbrar uma possível solução...*

## Introdução

Este estudo teve como objectivo, criar uma metodologia para estudar o Terreno e o Inimigo, como parte do processo do IPB (*Intelligence Preparation of the Battlefield*), partindo de um tema tático de Escalão Brigada, e assim criar um protótipo de SIG de apoio à decisão.

*"O IPB é um processo sistemático e contínuo de análise do inimigo, condições meteorológicas e terreno, numa determinada área geográfica."*

(Tradução do FM 34-130)

Esta metodologia é utilizada pelo Oficial de Informações (Elemento do Estado Maior de uma força militar) para elaborar o seu Estudo da Situação (de informações) e, onde se procura adquirir e processar informação com vista a:

- Identificar e caracterizar o Campo de Batalha;
- Detectar potencialidades e vulnerabilidades adversárias;
- Prever as modalidades de acção do adversário;
- Planear o combate;
- Sincronizar os sistemas de armas.

O objectivo último deste estudo (bem como de outros estudos de situação) é o de auxiliar o Comandante e o Estado Maior (EM) a planear a operação o melhor possível, no tempo disponível.

Das variáveis atrás enunciadas, vamos concentrar-nos no Terreno e no Inimigo, deixando de lado as condições meteorológicas.

## Metodologia

Este estudo foi desenvolvido em duas partes, uma dedicada ao planeamento das operações e outra dedicada à condução das mesmas.

Na parte dedicada ao planeamento, implementou-se uma modelação baseada em regras, desenvolvida dentro do ambiente SIG, neste caso,

o ArcGis 8.2, para modelar o Terreno, as Nossas Tropas (NT) e o movimento Inimigo (IN), como superfícies de custo. Na parte dedicada à conduta das operações, implementou-se um modelo determinístico, híbrido, fora do SIG, mas interagindo com o mesmo, com o objectivo de monitorizar o Inimigo e analisar as suas intenções.

Ao contrário de um estudo anterior, onde se criou uma metodologia para executar no computador um Transparente de Obstáculos (que usualmente é efectuado à mão), neste estudo, demos um passo em frente ao romper com essa metodologia, visto que por vezes a melhor maneira de efectuar um trabalho em forma digital, não é a adaptação dos métodos clássicos. Foi a partir desta consideração que, termos como terreno restritivo ou terreno impeditivo desaparecem da terminologia do trabalho e deixamos de classificar o terreno de acordo com as suas características discretas e passamos a vê-lo como uma superfície contínua, representando uma Superfície de Custo. Claro, que quer os conceitos, quer a doutrina estão implícitos neste trabalho, nomeadamente na elaboração das tabelas de reclassificação utilizadas e como tal, apesar dos termos desaparecerem da classificação final do terreno, os conceitos foram utilizados na elaboração dessas tabelas. O mesmo procedimento foi utilizado na modelação das NT e do IN.

### Modelação do Terreno

O estudo do terreno é um dos aspectos mais importantes no planeamento e condução de operações militares. A introdução de novas tecnologias, tais como as aplicações de SIG, abrem novas perspectivas nesta área, permitindo um estudo mais completo, rigoroso, rápido e elaborado da área de operações, permitindo cruzar informação, actualizar rapidamente as cartas de situação e disponibilizar informação em tempo útil à tomada de decisão.

É importante ter em mente que a classificação do terreno apenas reflecte o seu impacto na

mobilidade das forças, e que nunca é demais lembrar as lições da História da qual a travessia das Ardenas pelas tropas alemãs durante a segunda guerra mundial é apenas um dos mais recentes e elucidativos exemplos. No fundo é mais um estudo que permite ao Comandante e ao seu Estado Maior uma melhor avaliação da realidade, e conseqüente tomada de decisão.

O terreno, como aspecto essencial do campo de batalha moderno, condiciona quer as NT, quer o IN e para o seu estudo foi necessário obter dados relativos a:

- Vegetação;
- Altimetria;
- Hidrografia;
- Povoações.

Os dados relativos à altimetria, à hidrografia e às povoações, foram obtidos a partir da Base de Dados Geográfica do IGeoE, à escala 1:25000, tendo sido originalmente obtidos por vectorização das correspondentes folhas impressas em papel. Os dados da vegetação foram obtidos a partir da Base de Dados Geográfica do IGeoE, à escala 1:250000.

Poderia aqui discutir-se a utilização de outros dados tais como por exemplo as vias de comunicação. Num sentido lato poderia-se reflectir sobre a utilização de todos os dados da Carta Militar 1:25 000, pois se eles estão representados nessa carta, isso significa que de um modo ou outro, eles poderão ser necessários. No caso concreto, a utilização de toda a informação poderia acarretar desinformação, pois tornaria confuso todo o ambiente de trabalho, com variáveis que acarretariam pouca ou nenhuma vantagem significativa, pelo que para o objectivo pretendido, considerou-se suficiente e, o mais adequado, os acima mencionados.

O diagrama representativo do trabalho elaborado para a obtenção da Superfície de Custo do Terreno é o representado na fig. 1.

A vegetação e as povoações encontravam-se em vector, pelo que houve a necessidade de os

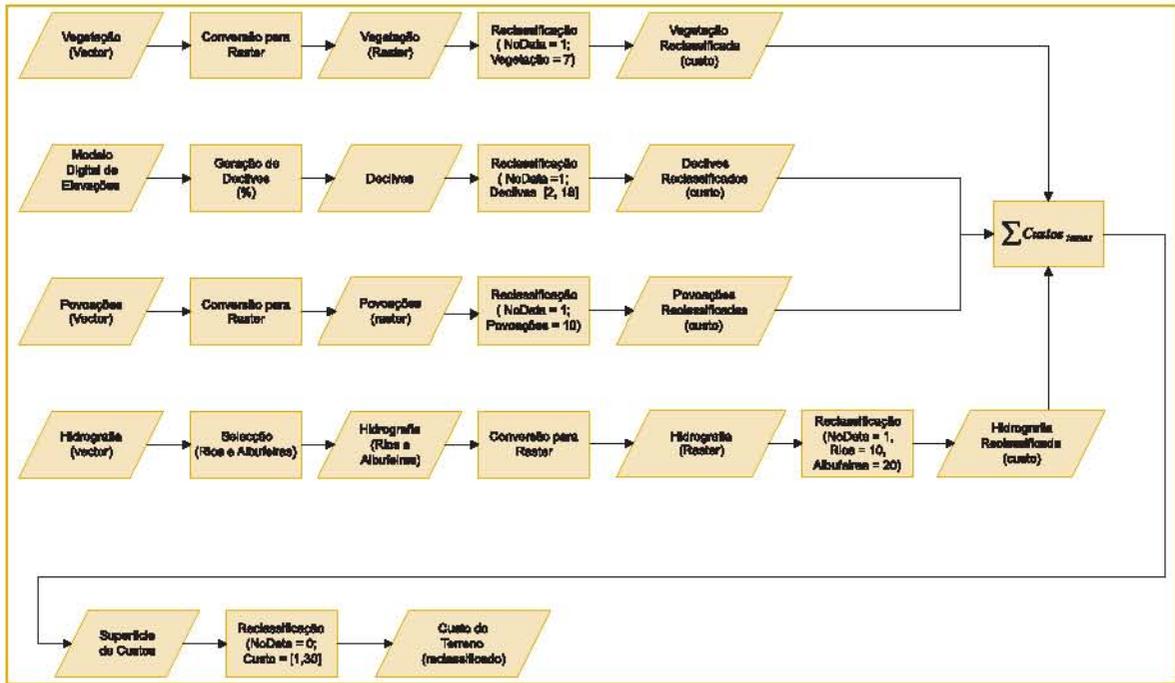


Figura 1

converter em raster e posteriormente os reclassificar. Relativamente à hidrografia, que também se encontrava em vector, houve a necessidade primeiro de seleccionar somente aquela que nos interessava, neste caso os rios e as lagoas ou albufeiras e posteriormente converter para raster e reclassificar. Da altimetria obtiveram-se os declives e posteriormente reclassificou-se os mesmos. Os resultados deste primeiro passo foram os seguintes:

- Vegetação Reclassificada (fig. 2);
- Hidrografia Reclassificada (fig. 3);
- Declives Reclassificados (fig. 4);
- Povoações Reclassificadas (fig. 5).

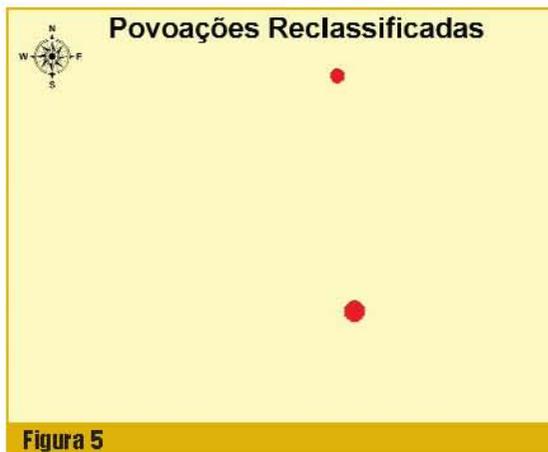
Após a obtenção destes 4 temas a Superfície de Custo do Terreno é obtida pelo soma dos mesmos e posteriormente reclassificada (fig. 6 e fig. 7).



Figura 2



Figura 3



**Figura 7 – Vista Tridimensional da Superfície de Custo do Terreno**

### Determinação dos Eixos de Aproximação

Terminado o estudo do terreno, vamos proceder à implantação da situação no terreno. Em primeiro lugar inserimos o Sector a Defender (dado pelo escalão superior), depois analisamos qual seria o objectivo (OBJ) do IN e materializamo-lo no terreno. Com estes dois pressupostos em consideração, podemos posicionar o IN ao longo da frente a defender e determinar os Eixos de Aproximação (EA) para a nossa posição. Para o efeito, consideramos 4 unidades inimigas, de escalão Regimento, espalhadas ao longo da frente. Doutrinariamente, a nossa posição será atacada por uma Divisão IN, a 3 Regimentos, 2 em 1º escalão e um terceiro em 2º escalão (uma Divisão IN ataca uma Brigada, obtendo assim uma superioridade de 3 para 1 em unidades de manobra). A colocação das 4 unidades (Un) IN serve apenas para determinar os EA para a nossa posição. Os EA foram determinados, calculando as distâncias e direcções de custo às Un IN e depois o caminho de menor custo para o OBJ, conforme o diagrama abaixo apresentado (fig. 8).

O cálculo das distâncias (fig. 9) e direcções de custo (fig. 10) às Un IN foi calculado para cada Un IN e depois com o cálculo do caminho de menor custo para o OBJ, obtiveram-se os EA.

O resultado final do estudo dos EA, pode ser observado nas figuras 11 e 12.

Deste estudo há a salientar que a nossa posição pode ser abordada por 4 eixos, sendo que dois deles se fundem após a passagem da Orla Anterior da Zona de Resistência (OAZR).

Determinados os Eixos, vamos determinar os corredores de mobilidade (fig. 13), ou seja o espaço de manobra que cada Un IN dispõe ao longo

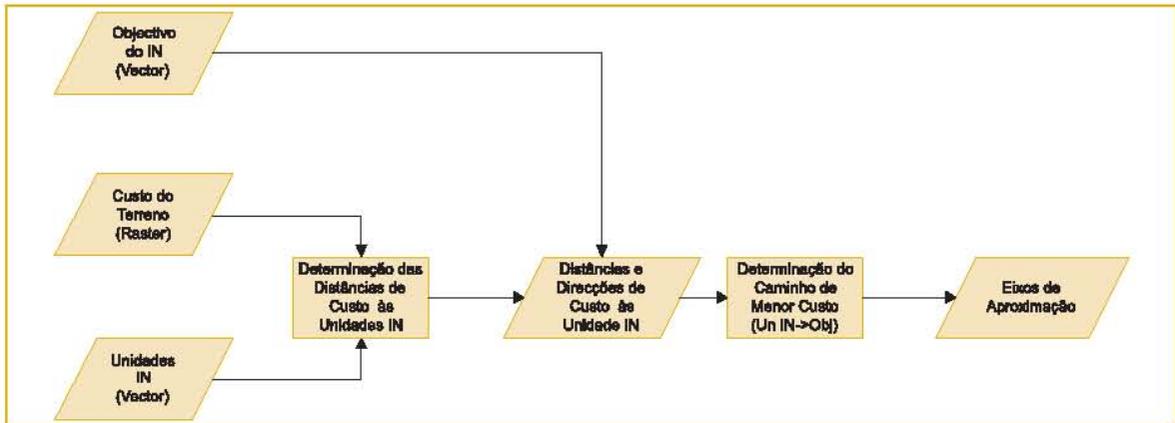


Figura 8

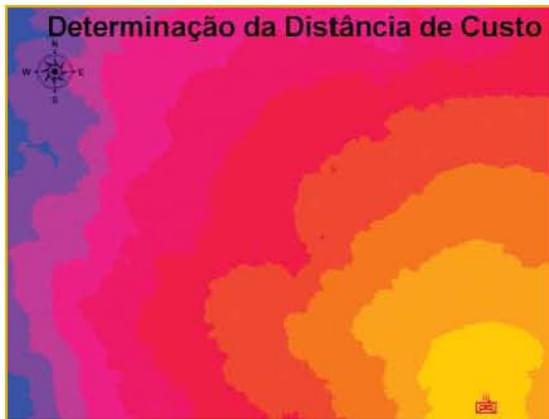


Figura 9



Figura 11

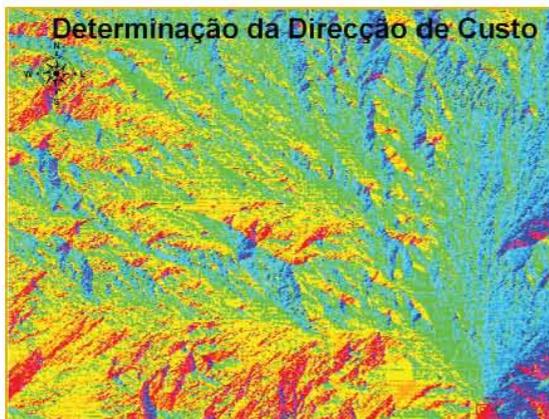


Figura 10

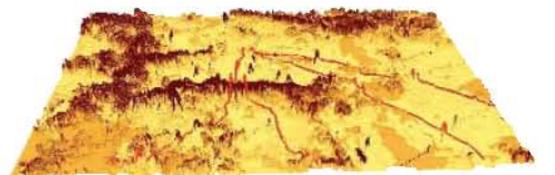


Figura 12 – Vista Tridimensional da Superfície de Custo do Terreno com os Eixos

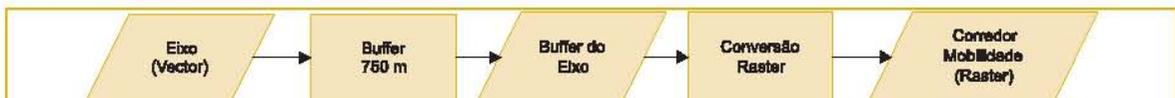


Figura 13

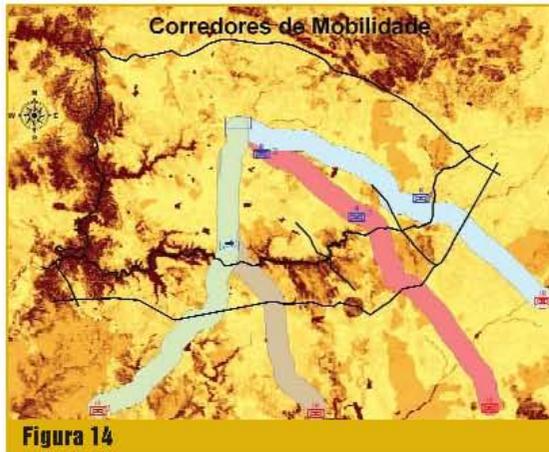


Figura 14

do Eixo. Para isso efectuamos uma operação de buffering de 750m em cada Eixo e depois convertemo-los para *raster*.

Nesta altura, podemos posicionar as nossas unidades de manobra a barrar esses Corredores de Mobilidade (fig. 14) ou Eixos, normalmente referimo-nos sempre aos Eixos, pois estes representam a directriz de ataque, em virtude de o mesmo ser desenvolvido em toda a frente. Pela análise visual dos Eixos, facilmente se pode ver que os que atingem o OBJ com menor custo são os do lado direito e como tal, os mais perigosos para a nossa posição. Face a isso, vamos concentrar a defesa nesses dois eixos, posicionando aí duas unidades de manobra de escalão Batalhão e colocando a minha unidade de reconhecimento, neste caso de escalão Companhia ou Esquadrão (ERec), a vigiar o resto da frente, com especial atenção ao eixo que por lá passa. Em reserva ou 2º escalão ficará a minha terceira unidade de manobra de escalão Batalhão, pronta a ocupar posições para barrar o 3º Eixo, caso seja utilizado pelo IN ou a reforçar uma das Un em 1º escalão, caso necessário.

## Modelação das NT e do Custo do Movimento IN

Posicionadas as NT, vamos criar uma Superfície de Custo que represente o seu potencial de combate (fig. 15). Mais uma vez nos deparamos com o problema da criação de uma tabela de reclassificação que reproduza a situação em causa e mais uma vez nos valemos dos conhecimentos adquiridos sobre a matéria ao longo da nossa carreira como militares. Criada esta Superfície de Custo, que passaremos a designar por Superfície de Custo das NT (fig. 16), vamos criar uma Superfície de Custo que represente o custo do terreno e das NT, através da soma das duas superfícies de custo anteriormente obtidas (fig.17).

Com esta nova Superfície de Custo, denominada Superfície de Custo do Terreno e das NT (fig. 18), vamos determinar o custo do movimento In ao longo de cada Eixo de modo a que se possa avaliar o movimento e os eixos mais perigosos para a nossa posição.

Para isso necessitamos de calcular, para cada Eixo, a Distância de Custo (fig. 19).

Desta análise nada se pode inferir em virtude das distâncias de custo não estarem normalizadas (eq. 1), no entanto pela fig. 20, que representa as mesmas distâncias normalizadas, verifica-se que em virtude de termos o ERec a barrar os EA do lado esquerdo, estes aparecem como a melhor solução para atingir o OBJ, pelo que há

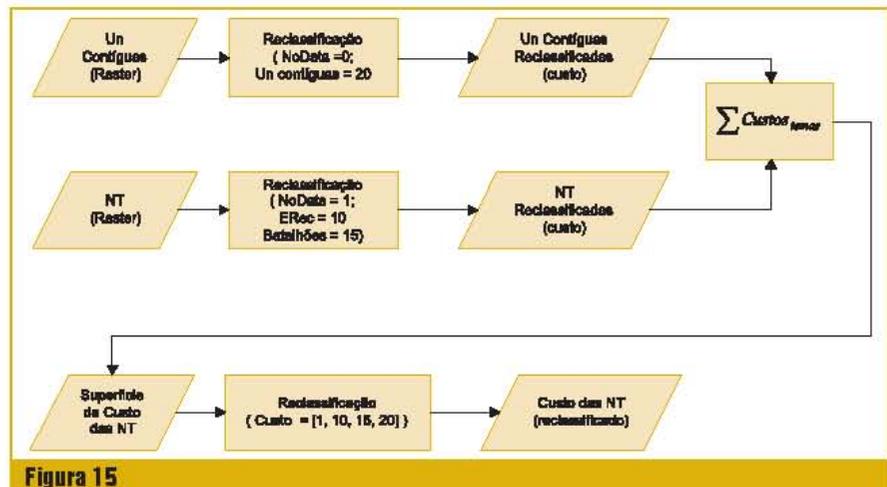


Figura 15

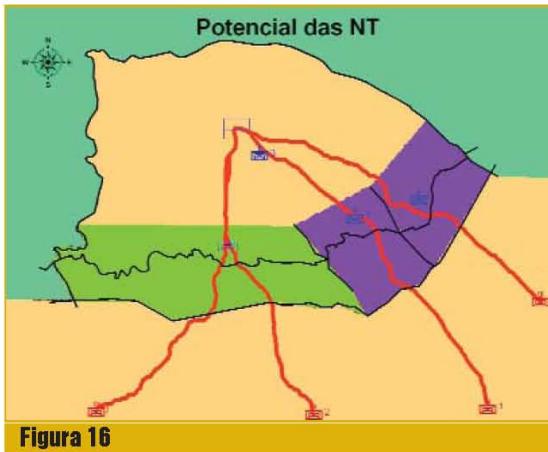


Figura 16

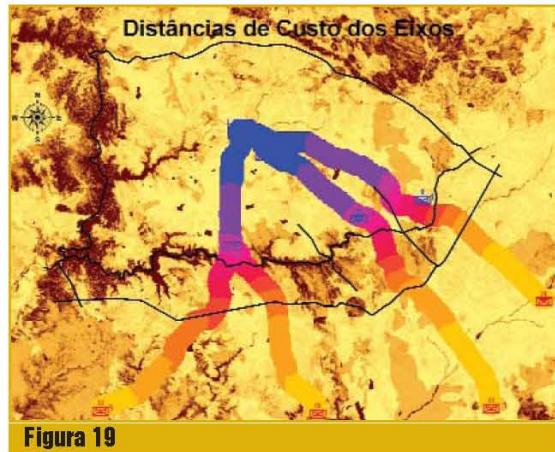


Figura 19

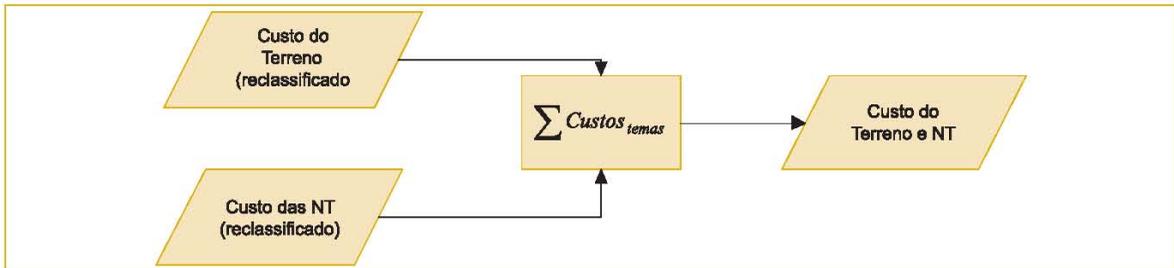


Figura 17

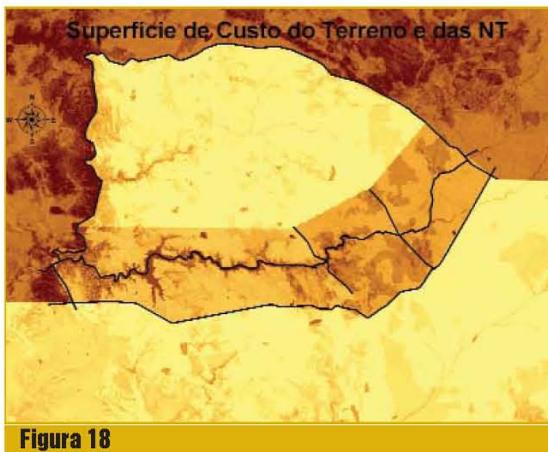


Figura 18

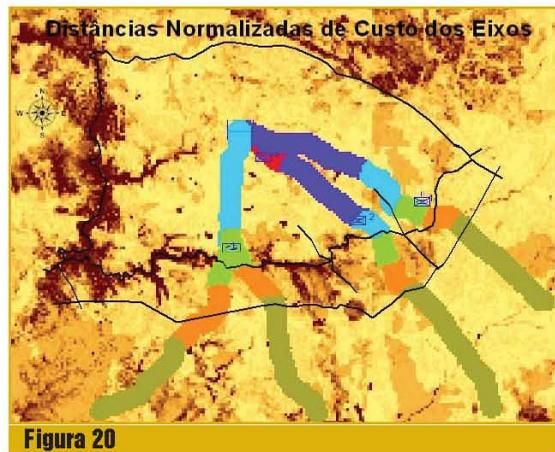


Figura 20

que ter atenção redobrada aos mesmos e levamos a ponderar a colocação de obstáculos para

barrar o EA e assim reforçar o potencial de combate na zona.

$$p\_eixos = \text{con}(\text{not isnull}([p\_eixo2]), [p\_eixo2], \text{con}(\text{not isnull}([p\_eixo3]), [p\_eixo3], \text{con}(\text{not isnull}([p\_eixo0]), [p\_eixo0], \text{con}(\text{not isnull}([p\_eixo1]), [p\_eixo1] )))))$$

Equação 1 – Normalização da progressão ao longo de todos os eixos

### As tabelas de Reclassificação

A criação das tabelas de reclassificação não foi um trabalho fácil. Se nos podemos considerar peritos na matéria, isso apenas nos facultou o sabermos o que queríamos obter e o modo de lá chegar, as tabelas em si foram obtidas através de n tentativas alterando os valores em cada iteração até se obter um resultado final que se aproximasse aos resultados esperados. De modo algum, os resultados aqui apresentados, reflectem o trabalho realizado para a sua obtenção.

### Estudo e Monitorização do IN

Terminada a fase de estudos, criámos um protótipo de Sistema de Apoio à Decisão, para registo e análise do dispositivo inimigo, no contexto da condução de operações militares.

A intenção é a de que ao registar observações de actividade IN, determinar se se trata de alguma unidade já detectada, ou de uma nova unidade. Paralelamente é efectuada uma pequena análise do potencial e actividade inimiga (incluindo os dados da nova observação), com vista a avaliar a sua intenção mais provável.

No entanto as propostas apresentadas pelo modelo não são vinculativas, pelo que o utilizador pode sempre rejeitar essas conclusões; além disso é mostrada informação complementar para completar os resultados do modelo.

O modelo implementado é um modelo determinístico, que implementa regras, conforme diagrama apresentado na fig. 21.

O modelo do sistema de monitorização e análise do dispositivo IN pode ser caracterizado por:

⇒ Inputs

- Localização;
- # de homens;
- # de viaturas;
- Tipo de viaturas;
- Tipo de actividade {PARADO, MOVIMENTO, TERRENO};
- Data da Observação.

⇒ Outputs

- Relativamente à observação:
  - **Nova Unidade** se:
    - Distância à Un IN mais próxima > 500m ⇒ Inserir Observação como nova unidade;
    - Distância à Un IN mais próxima <

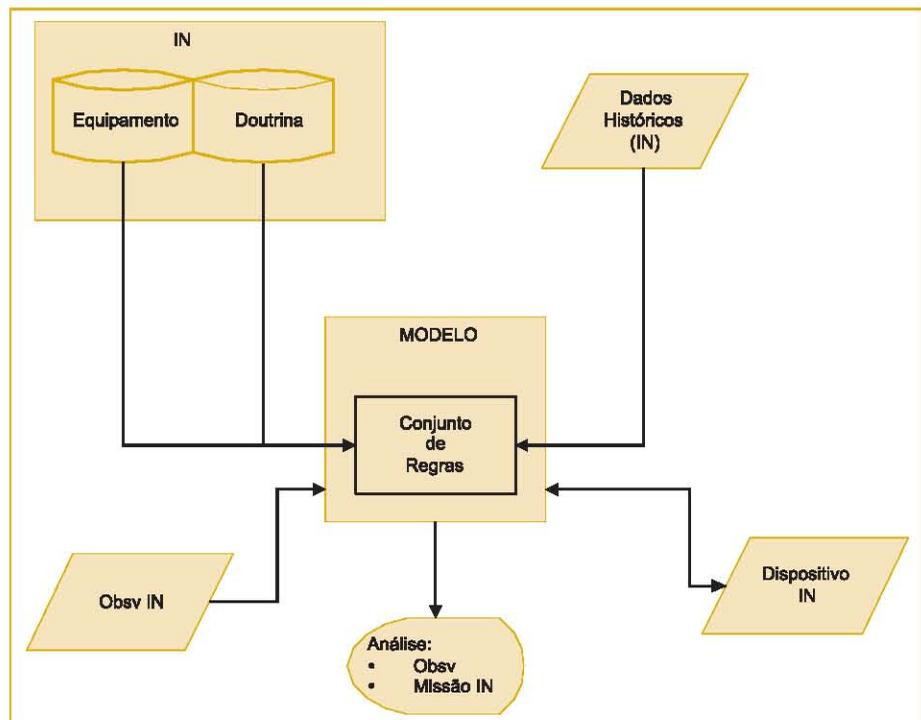


Figura 21 – Descrição sumária do modelo

500m e tipo de viatura diferente ⇒ Inserir Observação como nova unidade, remover a Un existente.

- **Un existente** se:
  - Distância à Un IN mais próxima < 500m e têm o mesmo tipo de viatura P actualizar Un existente com nova data e actividade; actualizar com H\_Homens e N\_Viaturas, caso os valores da observação sejam superiores aos valores da Un.
- Relativamente à provável missão do IN, face ao seu dispositivo:
  - **Defensiva**, se pelo menos 70% das Un se encontram em actividades de preparação do terreno;
  - **Vigilância**, se pelo menos 70% das viaturas são de reconhecimento e 70% das Un se encontram em movimento;
  - **Ofensiva**, se não está em vigilância e pelo menos 70% das Un se encontram em movimento;
  - **Desconhecida**, se nenhuma das anteriores.

híbrida, desenvolvida em *Visual Basic*, e que faz uso do *software* da *ESRI MapObjects*, que é uma colecção de objectos que permite aceder ao ambiente e dados da suite *ArcGIS* da *ESRI*, tendo sido desenvolvida, de uma forma muito simples (em grande parte devido à escassez de tempo disponível) e como aplicação externa, pelo que é (pode ser) chamada por uma macro a partir da aplicação *ArcMap* da *ESRI*. A ideia inicial era desenvolver uma *DLL (add-in)* que se constituísse como uma extensão ao *ArcMap*. Porém, a escassez do tempo disponível e a complexidade adicional decorrente do desenvolvimento, registo e testes deste tipo de *software* levou a optar por uma solução mais simples. O desenvolvimento decorreu num ambiente caracterizado por:

- *Microsoft Visual Basic 6*;
- *ESRI MapObjects 2.1*,
- *ESRI ArcGIS 8.2*.

A finalidade é interagir com o ambiente SIG para:

O dispositivo IN é guardado num *Shapefile* com os seguintes campos:

- Localização;
- # de homens, inclui as tripulações das viaturas;
- # de viaturas;
- Unidade;
- Tipo de actividade {PARADO, MOVIMENTO, TERRENO};
- Tipo de viatura {BLINDADO, INFANTARIA, RECONHECIMENTO, DESCONHECIDO};
- Data da última observação.

A implementação do modelo é descrita no diagrama apresentado na fig. 22.

Trata-se de uma implementação

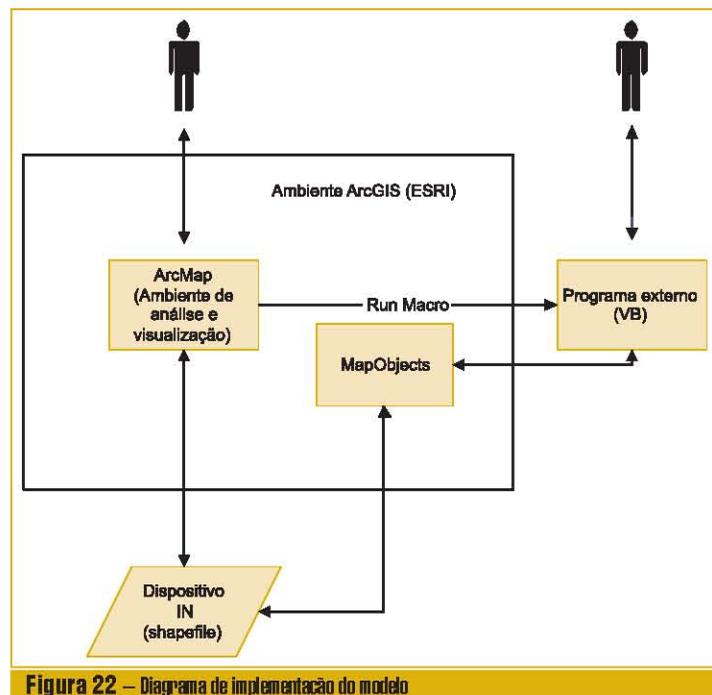


Figura 22 – Diagrama de implementação do modelo

- Inserir a observação do IN no *Shapefile* IN;
- Cruzar os dados da nova observação com os existentes para verificar se se trata de uma nova Un IN ou de uma já referenciada;
- Tentar determinar a intenção do IN.



Figura 23

A interface do modelo é apresentada na fig. 23 e consta de duas áreas principais, uma de entrada de dados, que corresponde à de Observação e, outra de apresentação de resultados, que corresponde à análise efectuada pelo modelo. O utilizador pode, aceitar ou recusar os

resultados da análise. Caso os aceite estes serão reflectidos no dispositivo do IN (*shapefile* IN), caso contrário a observação é inserida é como uma nova Un IN.

A fig. 24, ilustra a utilização da aplicação no caso concreto da área em estudo. Simulou-se



Figura 24

duas observações de actividade IN e aceitou-se os resultados da análise, pelo que as mesmas foram inseridas na *shapefile* IN e como tal disponíveis no ambiente de visualização.

## Conclusões

O trabalho aqui apresentado representa o estudo do terreno e do IN da melhor forma que o foi possível efectuar. Certamente que haverá outras formas de o fazer, esta é apenas uma, aquela que consideramos a melhor de momento. Representa um trabalho elaborado, onde todos os pormenores são evidenciados para proporcionar ao decisor os estudos necessários e as conclusões fundamentais do mesmo, quer relativamente ao terreno, quer relativamente ao posicionamento das NT, quer do IN. Implementou-se uma modelação baseada em regras, complementada por uma aplicação desenvolvida em *Visual Basic*, que interage com o ambiente SIG, de modo a proporcionar ao decisor um SIG de apoio à decisão, que reflecte a situação actualizada passo a passo. Particularmente, no caso do modelo implementado pela aplicação externa, trata-se não só de uma representação extremamente simplificada da realidade, como do modelo de avaliação, pelo que o seu valor é apenas demonstrativo das possibilidades de uma solução deste tipo.

O trabalho foi validado por comparação dos resultados obtidos com a solução escolar para este tema, verificando-se que no essencial eram coincidentes, sendo o nosso estudo mais completo. Se, de algum modo este trabalho está terminado, ele é apenas o embrião daquilo que no futuro poderá ser o SIG de apoio à decisão para operações militares.

## Referências

Instituto de Altos Estudos Militares, Tradução do FM 34-130.

# PCMAP, uma presença nos modernos Campos de Batalha

> Luis Nunes, Tenente-Coronel Art, Eng<sup>o</sup> Geógrafo  
lnunes@igeoe.pt

> Francisco Palma Gomes,  
Major Art, Eng<sup>o</sup> Geógrafo  
fgomes@igeoe.pt

"A cartografia digital no campo de  
batalha, não será o futuro...  
...é o presente

O PCMAP, projecto que desde há algum tempo se tem vindo a constituir como uma das vertentes mais visíveis do IGeoE dentro da comunidade militar, consiste num Sistema de Informação Geográfica Militar (SIGMIL), desenvolvido em parceria com outras nações europeias, sendo de destacar a Suíça, a Áustria e a Holanda, e cuja coordenação pertence à Alemanha, através do Instituto Geográfico do Exército (AMIL-GEO) em parceria com uma empresa civil – a *European Air Defense and Space Systems* (EADS). Esta empresa é amplamente conhecida por produzir o famoso avião *Airbus*, estando ligada a novos projectos militares como o *Eurofighter* e o avião de transporte táctico europeu, entre outros.

Portugal, através do IGeoE, é membro de pleno direito do grupo de utilizadores deste programa tendo como responsabilidade a produção de cartografia nacional no formato CMRG (*Compressed Military Raster Graphics*, formato objecto de normalização NATO através de STANAG) e ainda a formação e o apoio técnico às unidades militares que utilizam o sistema.

O *software* tem uma série de funcionalidades intrínsecas, possibilitando a utilização de informação geográfica digital pelo combatente, navegação em tempo real e apoio à decisão, sendo uma das suas mais valias a sua elevada veloci-

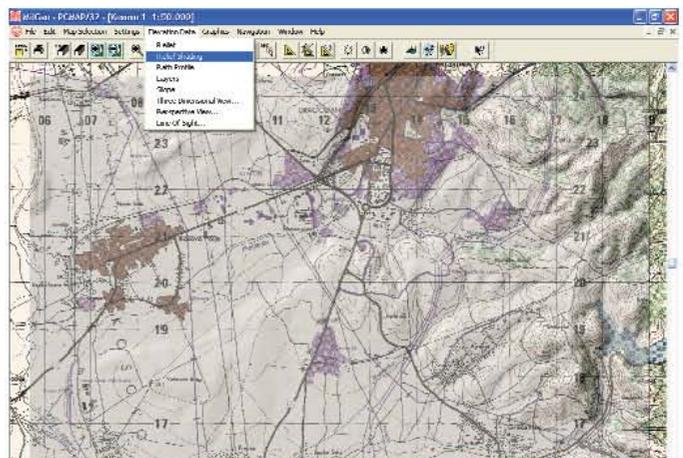


Figura 1 – Kosovo - Relevo sombreado

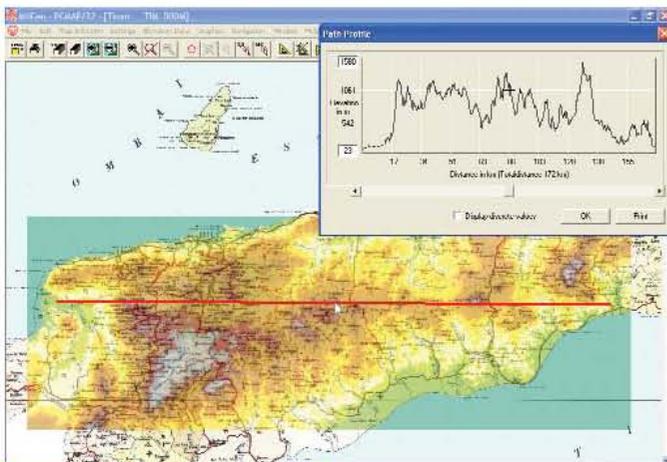


Figura 2 – Timor - Hipsometria e perfil do terreno

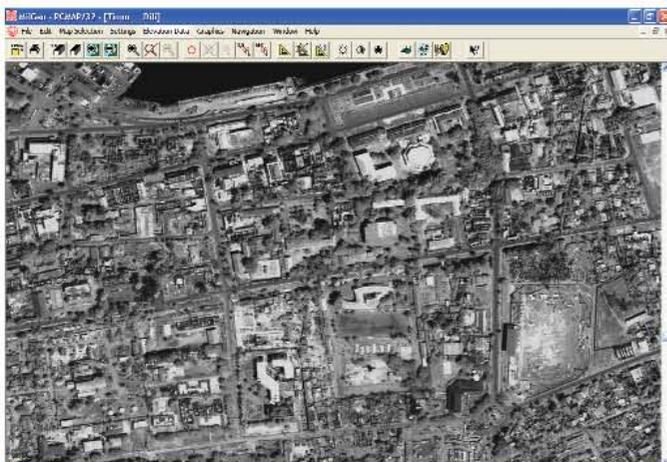


Figura 3 – Timor - Imagem de Satélite INDNOS de DLU

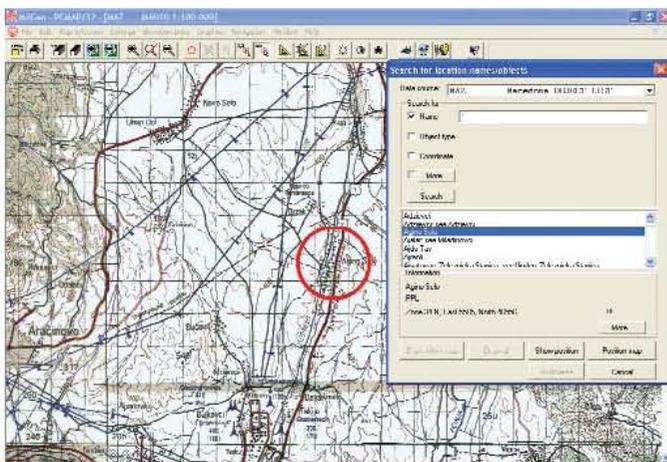


Figura 4 – Macedonia - Base de Dados

dade de manipulação de cartografia em formato *raster*, devido essencialmente ao algoritmo de compressão utilizado. Outro factor importante é a facilidade de utilização das suas ferramentas, podendo ser considerado um programa de fácil utilização (*user friendly*).

O programa importa formatos de informação geográfica normalizados pela NATO, como o *Digital Terrain Elevation Data* (DTED níveis 1 e 2), o *Compressed Arc Digitized Raster Graphics* (CADRG) e o *GeoTIFF* entre outros, permitindo com simplicidade e rapidez, a visualização de informação geográfica tridimensional digital ou a sua impressão, integrando uma série de funções de cálculo, análise do terreno, base de dados e desenho.

No domínio militar permite uma maior versatilidade, operacionalidade e celeridade em estudos de situação e outros, sendo de destacar as seguintes vertentes:

- cálculo e visualização de perfis;
- visualização do relevo do terreno;
- visualização em camadas hipsométricas;
- cálculo e visualização de declives;
- integração de funções de base de dados;
- cálculo e indicação de zonas vistas;
- medição de distâncias, áreas e raios de acção;
- planeamento de deslocamentos;
- visualização perspectiva de mapas;
- visualização estereoscópica de mapas;
- capacidades multimédia;
- integração de dados externos provenientes de receptores GPS
- simulação de voo sobre determinada área.

Com o PCMAP os utilizadores, militares ou outros, podem visualizar e manipular informação geográfica digital num simples PC e correlacionar essa informação com a inserção de simbologia táctica e outros gráficos de situação militar ou outra, criando assim *overlays* que se sobrepõem à cartografia, estando posteriormente disponíveis para se adicionar mais informação, enviar por *mail* para outro utilizador ou

imprimi-la local ou remotamente. Para isso, são utilizados dados em formato *raster* que constituem a cartografia base da zona, tendo por origem as séries cartográficas militares e civis disponíveis, sendo utilizadas no caso português, as do IGeoE. Algumas das possibilidades do sistema são a mudança de escala quase instantânea, utilizando várias séries cartográficas de diferentes escalas, ficando toda a informação *raster* e simbologia perfeitamente coincidentes, devido ao facto dos mapas que constituem a biblioteca cartográfica estarem georeferenciados e correlacionados através de um *datum* comum, o WGS84 em coordenadas geográficas. A partir deste *datum* podem ser efectuadas transformações de coordenadas "on-the-fly" para outros sistemas de projecção, existindo diversos sistemas de coordenadas disponíveis pré-definidos, tendo o utilizador a capacidade de trabalhar com dois sistemas diferentes em simultâneo, servindo um de base e outro de apoio através de uma quadrícula. Esta funcionalidade é considerada importante pois campo de batalha podem ser utilizados no sistemas de armas que recorrem a diferentes sistemas de coordenadas, não necessitando assim de serem efectuadas transformações complexas e morosas. Um exemplo concreto é a coordenação terra-ar, em que as unidades no terreno utilizam coordenadas UTM e a Força Aérea tem como principal referencial as coordenadas geográficas, existindo assim a necessidade de conversão entre ambos os sistemas.

A utilização de várias bibliotecas de mapas em simultâneo e o grau de detalhe do mapa visível pode ser mantido e/ou visualizado ao longo de toda a zona cartografada. Para uma perspectiva geral ou uma visualização de um detalhe, o mapa pode ser minimizado ou maximizado. Um interface gráfico permite ao utilizador a criação de níveis de informação (como limites, unidades, e outros), tal como se fossem transparentes analógicos a sobrepor aos mapas, para *briefings* e estudos de situação, permitindo inserir e integrar desde simples elementos grá-

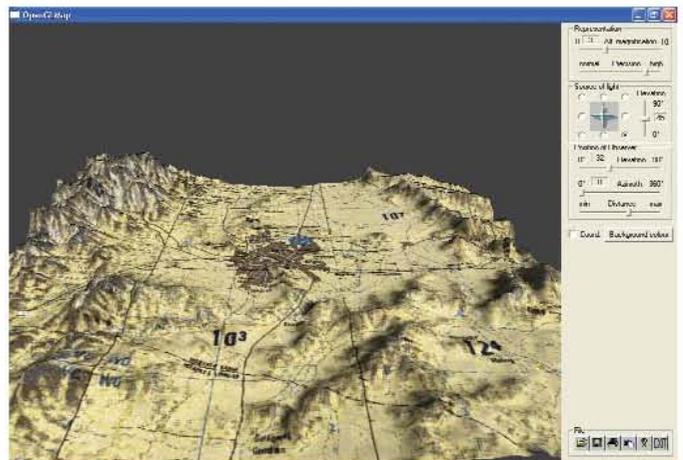


Figura 5 – Afeganistão - Vista perspectiva de Kabul

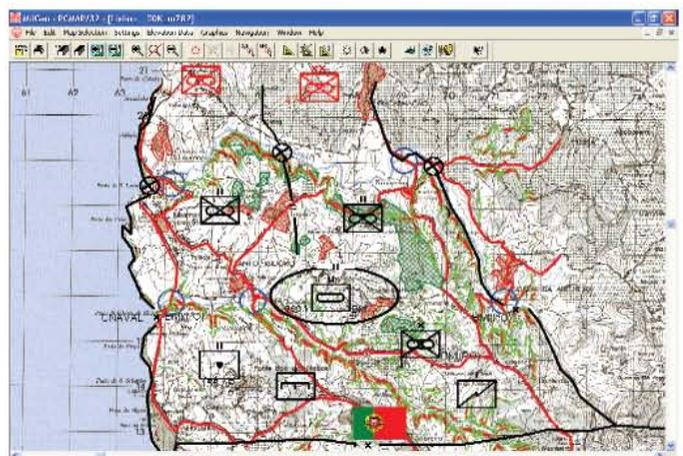


Figura 6 – Mafra - Situação Tática

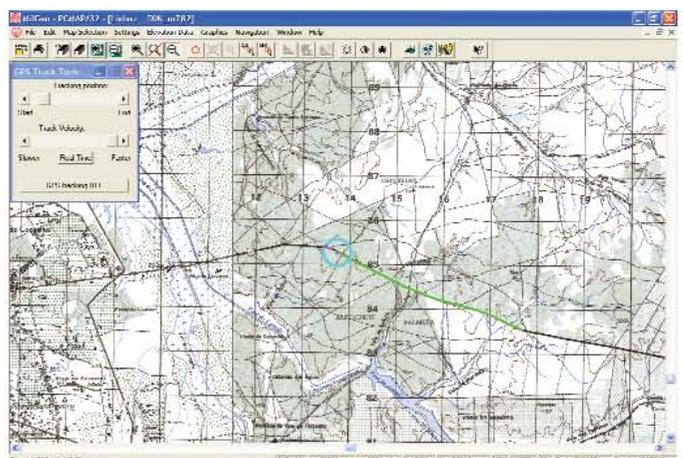


Figura 7 – Navegação GPS em tempo real

ficos, como linhas ou pontos, até símbolos tácticos criados pelo próprio, ou ainda recorrendo a uma biblioteca criada com as especificações NATO para este tipo de objectos.

O utilizador pode ainda imprimir os mapas criados com os níveis de informação sobrepostos, ou gravar a imagem numa série de formatos disponíveis, para utilizar noutras aplicações ou programas, como por exemplo no *PowerPoint* do *Microsoft Office*. Podem inserir-se gráficos de outros programas e serem integrados no sistema como imagens.

É de realçar o apoio efectuado por parte do IGeoE, através deste programa, nos diversos exercícios realizados em território nacional, entre os quais o que decorreu recentemente nos Açores – Exercício Açor 032/Lusíada 032.

O facto de se poder navegar pelo terreno em tempo real, com o apoio de um receptor GPS,

é uma mais valia para o combatente no campo de batalha, principalmente em missões de reconhecimento.

Além da base de dados (cartográfica e toponímica) de Portugal, específica para as Forças Armadas Portuguesas, estão disponíveis ainda um conjunto de outras, que englobam as mais diversas regiões do Globo, sendo por exemplo de referir as seguintes: "Europa" à escala 1:50 000 e 1:250 000, "Timor" à escala 1:50 000, Ásia em diversas escalas (Iraque, Afeganistão, Macedónia) e a série "Cartas Aeronáuticas".

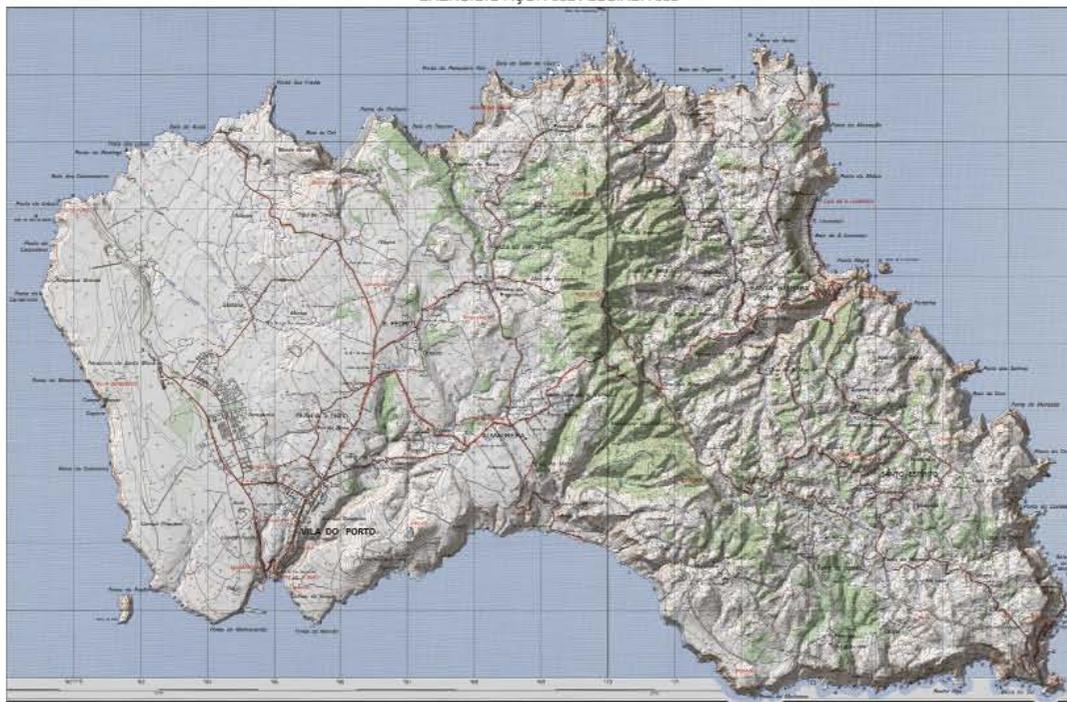
As Forças Nacionais Destacadas têm utilizado este programa nos diversos Teatros de Operações, facilitando o planeamento das operações assim como a execução das missões.

No casos dos Batalhões enviados para o Teatro de Operações de Timor, o PCMAP tem sido uma ferramenta fundamental para o cumprimento da missão. Desde que as missões começaram, cada Batalhão tem nomeado alguns militares para receberem formação no Instituto Geográfico do Exército por forma a utilizarem todas as potencialidades deste programa.

Nos restantes Teatros de Operações, Kosovo, Afeganistão, Bósnia, Macedónia e o teatro mais recente o Iraque, a presença dos nossos militares, assim como deste programa de apoio à decisão, é uma realidade nesta era do digital e das novas tecnologias.



COMANDO OPERACIONAL DOS AÇORES  
EXERCÍCIO AÇOR 032 / LUSÍADA 032



ESCALA 1/16 600

Figura 8 – Ilha Santa Maria - Açores - Exercício Açor 032/Lusíada 032, saída gráfica com sombreado

# Conversão da Cartografia do IGeoE de datum Lisboa para WGS 84

> Tatiana Plantier, Eng<sup>a</sup> Geógrafa

*Este estudo visa determinar a melhor metodologia para a transformação da série M888 à escala 1:25000, produzida pelo IGeoE, de datum Lisboa para WGS 84. Esta necessidade surge em função da directiva AD-80<sup>1</sup> da NATO (North Atlantic Treaty Organization), que recomenda a todos os países nela integrados a adopção de um sistema de georreferenciação comum, baseado no WGS 84. Para tal utilizaram-se parâmetros de transformação global (fornecidos pelo IGP) e local, bem como um modelo matemático alternativo aos habitualmente utilizados.*

## Introdução

O anterior sistema **Hayford-Gauss Militares**, era baseado no elipsóide de Hayford, cujo ponto de fixação é no Castelo de S. Jorge. A projecção é de Gauss (ou Mercator Transversa) com o seguinte centro de projecção e deslocamento da origem do sistema de eixos das coordenadas cartográficas:

$$\begin{aligned}\phi_0 &= 39^\circ 40' 00.000'' \text{ N} & \Delta X &= 200\,000 \text{ m} \\ \lambda_0 &= 8^\circ 07' 54.862'' \text{ W} & \Delta Y &= 300\,000 \text{ m}\end{aligned}$$

O actual sistema **Militares WGS 84**, é baseado no elipsóide WGS 84 (geocêntrico), usa a projecção de Gauss sendo as coordenadas do centro de projecção e deslocamento da origem do sistema de eixos das coordenadas cartográficas, as seguintes:

$$\begin{aligned}\phi_0 &= 39^\circ 40' 05.730'' \text{ N} & \Delta X &= 200\,000 \text{ m} \\ \lambda_0 &= 8^\circ 07' 59.191'' \text{ W} & \Delta Y &= 300\,000 \text{ m}\end{aligned}$$

A informação geográfica disponível para efectuar este estudo é constituída pelo bloco de Setúbal (folhas 455, 456, 466, 467 da carta 1:25 000 da série M888 produzida pelo IGeoE), dado que é a única zona do país restituída em datum Lisboa e em WGS 84, simultaneamente.

As coordenadas cartográficas em *datum* Lisboa dos vértices utilizados na determinação dos parâmetros de transformação foram retiradas da base de dados do IGeoE. Para os mesmos vértices geodésicos, as altitudes elipsóidais em *datum* Lisboa foram consideradas iguais às WGS 84, por não se dispor de informação acerca destas. O IGP forneceu as coordenadas geodésicas elipsóidais, em WGS 84, dos vértices geodésicos de primeira ordem, obtidas por observações GPS (*Global Positioning System*) e as coordenadas geodésicas elipsóidais dos vértices geodésicos de segunda e terceira ordem, obtidas por transformação de sete parâmetros (modelo de Bursa-Wolf) com uma precisão de cerca de 50 cm [IGP, 2002].

De entre os modelos de transformação de coordenadas existentes, optou-se por utilizar os seguintes neste estudo:

- I. Molodensky;
- II. Bursa-Wolf (7 parâmetros);
- III. Polinomial Conforme;

### Modelos de transformação de coordenadas

#### a) Modelo de Molodensky

A transformação de coordenadas entre dois *data* é feita com base em coordenadas geodésicas elipsóidais. As fórmulas que permitem a transformação aproximada de *datum* são dadas por [Alves, 1988]:

$$\rho \cdot d\phi = -\text{sen}\phi \cdot \cos\lambda \cdot dx - \text{sen}\phi \cdot \text{sen}\lambda \cdot dy + \cos\phi \cdot dz + (a \cdot df + f \cdot da) \cdot \text{sen}(2\phi)$$

$$N \cdot \cos\phi \cdot d\lambda = -\text{sen}\lambda \cdot dx + \cos\lambda \cdot dy \quad (1)$$

$$dh = \cos\phi \cdot \text{cod}\lambda \cdot dx + \cos\phi \cdot \text{sen}\lambda \cdot dy + \text{sen}\phi \cdot dz + (a \cdot df + f \cdot da) \cdot \text{sen}^2\phi - da$$

onde:

**dφ, dλ, dh** representam as variações de coordenadas a aplicar ao *datum* que se pretende transformar (*datum1*) para obter as coordenadas no *datum* transformado (*datum2*);

**dx, dy, dz** são os parâmetros de transformação entre os dois *data*;

**p** é o raio da elipse meridiana;

**N** é a grande normal;

**a, f** são o semi-eixo maior e o achatamento do elipsóide do *datum1*.

**da, df** são respectivamente a diferença entre o semi-eixo maior e o achatamento dos elipsóides dos dois *data*. Para o caso da transformação entre *datum* Lisboa e WGS 84, **da** e **df** tomam os seguintes valores [IGP, 2001]:

da (m)	df
-251	-1,4192702 x 10 <sup>-5</sup>

O modelo de Molodensky determina três parâmetros de transformação, **dφ, dλ, dh**, uma

vez que **da** e **df** são valores conhecidos. Estamos então na presença de um sistema de três equações para três incógnitas. Para obter redundância, necessitamos, no mínimo, das coordenadas de dois pontos homólogos, nos dois *data*, na determinação desses parâmetros.

#### b) Modelo de Bursa-Wolf (7 parâmetros)

Transforma coordenadas cartesianas tridimensionais entre os dois *data*. As equações de transformação são dadas por [Alves, 1988]:

$$\begin{bmatrix} X_{d2} \\ Y_{d2} \\ Z_{d2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + R_X \cdot R_Y \cdot R_Z \cdot \alpha \cdot \begin{bmatrix} X_{d1} \\ Y_{d1} \\ Z_{d1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

onde:

**(X, Y, Z)<sub>d1</sub>** são as coordenadas cartesianas tridimensionais no *datum1*.

**(X, Y, Z)<sub>d2</sub>** são as coordenadas cartesianas tridimensionais no *datum2*.

**(X, Y, Z)<sub>0</sub>** é o vector de translação entre os dois *data*.

**R<sub>X</sub>, R<sub>Y</sub>, R<sub>Z</sub>** são as matrizes de rotação segundo cada um dos eixos do referencial ortonormado associado ao *datum1* de forma a torná-los perpendiculares aos do referencial ortonormado associado ao *datum2*.

**α** é o factor de escala entre os dois *data*.

A equação matricial do modelo de Bursa-Wolf linearizada é a seguinte [Matos, 2001]:

$$\begin{bmatrix} X_{d2} \\ Y_{d2} \\ Z_{d2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1 + \alpha) \cdot \begin{bmatrix} 1 & \theta & -\psi \\ -\theta & 1 & \xi \\ \psi & -\xi & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{d1} \\ Y_{d1} \\ Z_{d1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

onde, **ξ, ψ** e **θ** representam as rotações segundo os eixos do X, Y e Z, respectivamente.

Facilmente se verifica que a transformação segundo este modelo necessita, no mínimo, 3 pontos homólogos, pois temos de determinar 7 parâmetros de transformação (3 translações (X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub>), 3 rotações (ξ, ψ, θ)<sup>2</sup>, e o factor de escala α).

2 – A rotações devem de ser efectuadas no sentido contrário ao movimento dos ponteiros do relógio, para um observador situado na origem do referencial do primeiro sistema.

### c) Modelo polinomial conforme

Na transformação de coordenadas cartográficas aplicou-se o modelo polinomial a seguir indicado, que permite a passagem aproximada entre duas projecções conformes, visto ser esse o caso em questão. As equações de transformação para este modelo são [Levallois, 1970]:

$$M_{d2} = m_0 + (\alpha_1 \cdot M_{d1} - \alpha_2 \cdot P_{d1}) + \beta_1 \cdot (M_{d1}^2 - P_{d1}^2) - 2 \cdot \beta_2 \cdot M_{d1} \cdot P_{d1} + \gamma_1 \cdot (M_{d1}^3 - 3 \cdot M_{d1} \cdot P_{d1}^2) + \gamma_2 \cdot (P_{d1}^3 - 3 \cdot M_{d1}^2 \cdot P_{d1}) + \delta_1 \cdot (M_{d1}^4 - 6 \cdot M_{d1}^2 \cdot P_{d1}^2 + P_{d1}^4) + \delta_2 \cdot (4 \cdot M_{d1} \cdot P_{d1}^3 - 4 \cdot M_{d1}^3 \cdot P_{d1}) + \epsilon_1 \cdot (M_{d1}^5 - 10 \cdot M_{d1}^3 \cdot P_{d1}^2 + 5 \cdot M_{d1} \cdot P_{d1}^4) + \epsilon_2 \cdot (10 \cdot M_{d1}^2 \cdot P_{d1}^3 - 5 \cdot M_{d1}^4 \cdot P_{d1} - P_{d1}^5) + \dots$$

$$P_{d2} = p_0 + (\alpha_2 \cdot M_{d1} + \alpha_1 \cdot P_{d1}) + \beta_2 \cdot (M_{d1}^2 - P_{d1}^2) + 2 \cdot \beta_1 \cdot M_{d1} \cdot P_{d1} + \gamma_1 \cdot (3 \cdot M_{d1}^2 \cdot P_{d1} - P_{d1}^3) + \gamma_2 \cdot (M_{d1}^3 - 3 \cdot M_{d1} \cdot P_{d1}^2) + \delta_1 \cdot (4 \cdot M_{d1}^3 \cdot P_{d1} - 4 \cdot M_{d1} \cdot P_{d1}^3) + \delta_2 \cdot (M_{d1}^4 - 6 \cdot M_{d1}^2 \cdot P_{d1}^2 + P_{d1}^4) + \epsilon_1 \cdot (5 \cdot M_{d1}^4 \cdot P_{d1} - 10 \cdot M_{d1}^2 \cdot P_{d1}^3 + P_{d1}^5) + \epsilon_2 \cdot (M_{d1}^5 - 10 \cdot M_{d1}^3 \cdot P_{d1}^2 + 5 \cdot M_{d1} \cdot P_{d1}^4) + \dots$$

em que,

$M_{d1}$  e  $P_{d1}$  são as coordenadas cartográficas do datum1;

$M_{d2}$  e  $P_{d2}$  são coordenadas dos mesmos pontos no datum2;

$m_0, p_0, \alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2, \delta_1, \delta_2, \epsilon_1, \epsilon_2$  são parâmetros a determinar.

O número mínimo de pontos necessários à determinação dos parâmetros de transformação é função do grau do polinómio. Cada ponto homólogo dá origem a duas equações. O primeiro grau do polinómio compreende quatro parâmetros e os restantes graus, mais dois por cada grau.

Repare-se que, de entre os modelos de transformação de coordenadas aqui apresentados, o modelo polinomial conforme é o único que não necessita de informação sobre as altitudes, para o cálculo dos parâmetros de transformação. Este facto é vantajoso, pois não necessitamos de introduzir erros no cálculo, devido à falta de informação. Por outro lado, a tarefa de obter valores de altitude (elipsoidal / ortométrica) para o novo sistema (WGS 84) fica também facilitada pois o datum altimétrico é comum aos dois sistemas, não tendo por isso de sofrer qualquer tipo de transformação.

### Aplicação dos modelos e resultados obtidos

#### a) Modelos de Molodensky e Bursa-Wolf

Os parâmetros de transformação local para os modelos de Molodensky e Bursa-Wolf foram calculados com base em 8 vértices geodésicos que enquadram o bloco de Setúbal os quais foram observados em WGS 84 por GPS pelo IGeoE. Do ajustamento resultaram os seguintes valores:

	Parâmetros de Transformação	
	Molodensky	Bursa-Wolf
Dx (m)	-344.85 ± 0.08	-258.78 ± 26.62
Dy (m)	-55.63 ± 0.08	39.65 ± 26.72
Dz (m)	71.40 ± 0.08	-95.00 ± 29.65
F. escala(ppm)		7.50 ± 3.29
R.x (seg.)		1.07 ± 0.77
R.y (seg.)		5.55 ± 1.09
R.z (seg.)		4.60 ± 0.80

	Molodensky	Bursa-Wolf
Variância <i>a posteriori</i>	0.2398	0.1186
Soma do Quadrado dos Resíduos (m)	1.21	0.24

Com o objectivo de comparar resultados entre parâmetros de transformação local e global, seleccionou-se uma amostra de 29 casas da zona transformada, que permitiu calcular os resíduos das transformações.

	Resíduos da Transformação (m)			
	M	P	C	(M,P)
WGSmol_pg	2.99	2.40	3.28	3.84
WGSbw_pg	2.60	2.73	3.27	3.77
WGSmol_pl8	2.42	2.36	3.27	3.38
WGSbw_pl8	2.48	2.26	3.27	3.36

Observe-se que de entre estas, a transformação que apresenta menor resíduo, é a que utiliza o modelo de Bursa-Wolf com parâmetros locais.

**b) Modelo polinomial conforme**

O cálculo dos parâmetros de transformação local foi apoiado em 158 vértices geodésicos pertencentes ao bloco de Setúbal e suas folhas envolvidas. As coordenadas em WGS 84 utilizadas foram as fornecidas pelo IGP. Apenas se obtiveram resultados aceitáveis com o segundo grau do polinómio. Os quadros seguintes mostram os resultados obtidos:

Parâmetros de Transformação	
$x_0$	$2.51 \pm 0.64$
$y_0$	$-1.62 \pm 0.64$
$\alpha_1$	$1.00 \pm 5.5 \times 10^{-6}$
$\alpha_2$	$2.0 \times 10^{-5} \pm 5.5 \times 10^{-6}$
$\beta_1$	$-2.4 \times 10^{-11} \pm 1.2 \times 10^{-11}$
$\beta_2$	$-3.6 \times 10^{-11} \pm 1.2 \times 10^{-11}$

Variância a posteriori	0.0122
Desvio Padrão do vector de resíduos (m)	0.04

Para aferir qual a transformação a adoptar, calcularam-se os resíduos que cada uma delas gerou. O cálculo dos resíduos foi feito com base nas coordenadas das esquinas de 21 casas do bloco de Setúbal. Considere-se o quadro que apresenta os resíduos obtidos nas transformações:

	Resíduos da Transformação		
	M	P	$\ (M, P)\ $
WGS84mol_pg	1.69	1.22	2.08
WGS84bw_pg	1.44	1.11	1.82
WGS84mol_pl8	1.13	1.21	1.65
WGS84bw_pl8	1.13	1.18	1.63
WGS84tpc_158	1.13	1.11	1.58

Da análise da tabela anterior conclui-se que o modelo de transformação de coordenadas a adoptar deverá ser o modelo polinomial conforme, pois é aquele que apresenta menor resíduo. Embora as diferenças entre os resíduos obtidos com as transformações que utilizam parâmetros globais e as que utilizam parâmetros locais sejam na ordem dos 50 cm, acontece que estas diferenças aumentam significativamente à medida que caminhamos para o extremo sul do país.

Uma experiência que se fez foi comparar coordenadas WGS84\_Militares de vértices observados pelo IGeoE, na campanha topográfica de 2002, com as coordenadas WGS84\_Militares obtidas com parâmetros de transformação global a partir de *datum* Lisboa, dos mesmos vértices.

	Norma dos vectores diferença		
	Lisboa_Norte	Lisboa	Algarve
Média	2.26	2.09	3.13
Desvio Padrão	0.26	0.70	0.76
Máximo	2.69	4.24	7.00
Mínimo	1.83	1.43	2.14

Após a análise desta tabela constata-se que, as diferenças das coordenadas de vértices observados e obtidas com parâmetros globais, aumentam do centro para o sul do país. Este facto reforça a ideia de se utilizarem parâmetros de transformação local, porque as diferenças obtidas desta forma têm menores variações.

**Conclusões**

Relativamente à conversão da cartografia do IGeoE, o estudo efectuado determina que o modelo de transformação de coordenadas a adoptar é o polinomial conforme. Este não só é mais vantajoso em termos de resíduos da transformação, como também pelo facto de não provocar qualquer tipo de alteração às altitudes, nem precisar de entrar com os seus valores

no cálculo dos parâmetros de transformação.

A sua aplicabilidade é válida para as zonas cujos vértices geodésicos serviram de base à determinação dos parâmetros de transformação e o seu resultado é tanto mais preciso quanto maior for o número de graus de liberdade do ajustamento e o grau do polinómio.

Conclui-se ainda que, a precisão associada às coordenadas fornecidas pelo IGP, não permite estender o polinómio além do segundo grau. Porém, mesmo com o segundo grau, o modelo polinomial adoptado fornece melhores resultados que os de Molodensky e Bursa-Wolf aqui estudados.

A imagem da figura 1 mostra parte da sobreposição do ortofoto da folha 609 (bloco do Algarve) em WGS 84 com a informação vectorial em *datum* Lisboa.

A mesma zona do ortofoto, sobreposta à informação vectorial transformada de *datum* Lisboa para WGS 84 com o modelo polinomial conforme, apresenta o resultado que se pode ver na figura 2.



Figura 1



Figura 2

## Referências

Alves, J. M. (1988) "Estudo sobre transformação de coordenadas entre o *Datum* Geodésico Português Hayford Castelo de S. Jorge e o *Datum* 73". Revista do Instituto Geográfico e Cadastral, Nº 8, pp. 21-.

Botelho, H. (1997) "Aplicação da Directiva NATO AD-80 relativa à transformação da cartografia do IGeoE para WGS 84." Texto não publicado, Instituto Geográfico do Exército, Lisboa.

Matos, J. L. (2001) Fundamentos de Informação Geográfica, 2ª Edição, LIDEL, Mafra, Portugal.

Levallois, J. J. (1970) *Géodésie Générale*. Volume 2, 5ª Edição, Éditions Eyrolles, Boulevard Saint-Germain, Paris.

IGP (2002) Coordenadas WGS 84. Texto não publicado – Nota de ref.ª nº CE120/GE/02, Lisboa, 25 de Outubro de 2002.



# IGeoE – Um caso ímpar no panorama cartográfico português

- > Eduardo M. A. Pinheiro Garcia Fernandes,  
Tenente-Coronel Inf  
efernandes@igeoe.pt
- > José António Guerreiro Martins,  
Tenente-Coronel Art, Engº Informático  
martins@igeoe.pt

*Desde a sua criação em 1932, que o actual Instituto Geográfico do Exército, acompanha a evolução tecnológica e faz uso intensivo e extensivo da tecnologia, no apoio à sua actividade cartográfica. Esta cultura de permanente abertura à inovação, assegurou-lhe um lugar de destaque no panorama cartográfico português. Apesar de os SIG ainda não integrarem a actividade operacional do Instituto, é de prever que um dia, que o façam, sejam mais uma tecnologia que provoque mudanças e que conquiste a adesão dos colaboradores do Instituto, tal como a sua história o ilustra.*

## Introdução

Em 24 de Novembro de 1932 pelo decreto-lei n.º 21.904, foram criados os Serviços Cartográficos do Exército, designação alterada em 1 de Julho de 1993 para Instituto Geográfico do Exército.

Pelo decreto-lei n.º 193/95 de 28 de Julho, o Instituto Geográfico do Exército é considerado uma entidade competente para a produção de cartografia oficial.

O Instituto Geográfico do Exército tem as seguintes dependências:



Tem por:

### Missão

*Prover com informação geográfica o Exército, os outros ramos das Forças Armadas e a comunidade civil, devendo, para tal, assegurar a execução de actividades relacionadas com a ciência geográfica, a técnica cartográfica e a promoção e desenvolvimento de acções de investigação científica e tecnológica, no domínio da geomática.*

e por:

**Visão**

*Ser o principal fornecedor de informação geográfica base, adequada à satisfação dos clientes, no respeito pela responsabilidade social e pela legislação aplicáveis, garantindo a sua viabilidade económica.*

Para cumprir a sua missão o Instituto dispõe de cerca de 150 colaboradores, entre Oficiais, Sargentos, Praças e Pessoal Civil. Destes, cerca de 70% estão afectos a actividades de produção, organizando-se o Instituto do modo indicado na figura 1.

O Instituto Geográfico do Exército é certificado em Ambiente pela Norma ISO 14001:1996 e em Qualidade pela Norma ISO 9001:2000.

**O IGeoE e as Tecnologias de Informação (TI)**

Desde o seu início<sup>1</sup>, que o Instituto, tem estado na vanguarda da tecnologia, tendo até aos dias de hoje, conseguido manter esse estatuto de Instituição de referência.

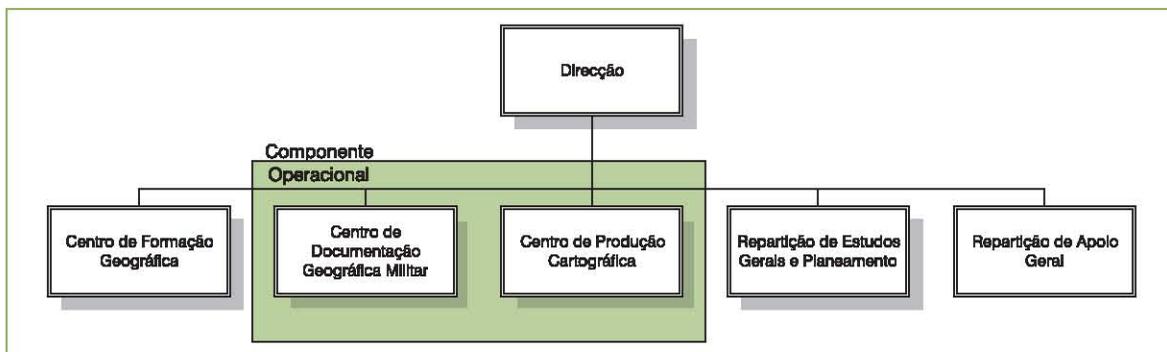
Com a aquisição em 1935 do estereo-restituídor Multiplex Bausch&Lomb, os então Serviços Cartográficos do Exército (SCE), em 1937, introduzem os processos fotogramétricos, na cadeia de produção, tendo em 1940, abandonado por completo o método anteriormente utilizado, denominado método clássico, que consistia em elaborar as cartas

no campo. As folhas da carta 1:25 000, passaram, então, a ser restituídas, por fotografia aérea, sendo a folha 523 a 1ª folha a ser totalmente restituída por este processo nesse ano, tendo sido publicada em 1939. Era o tempo dos estereo-restituídores WILD A5, WILD A6 e do BAUSCH&LOMB, acoplados a mesas de desenho com pantógrafos.

A partir dos anos 50 aparecem os WILD A8, WILD A7 e WILD B8, sendo que o A8, foi aquilo que poderemos considerar o "Volkswagen" dos estereo-restituídores, estando ainda em serviço em muitas empresas de cartografia. É também nesta altura, que se introduzem os coordenatógrafos nas mesas de desenho dos estereo-restituídores, excepção feita ao B8, que só permitia o uso do pantógrafo.

**a. O sistema Kongsberg Vappenfabrikk/Applicon**

Em 1974, têm início os trabalhos de uma equipa liderada pelo Major Eng.º Geog. Mendes Geraldês de que resultaria a instalação em Outubro e Novembro de 1977, do Sistema Kongsberg. Pioneiro em Portugal, trata-se de uma das primeiras configurações em todo o mundo a cobrir de forma inteiramente compatível, ainda que na modalidade off-line, a estereodigitalização dos modelos fotogramétricos, a correcção e o completamento gráficos, quer em *batch* quer interactivamente, bem como o traçado e gravação automáticos de matrizes cartográficas. A informação que até então era apenas em formato papel,



**Figura 1**

1 – Fernandes, E. M. G., "Uma estória da Carta Militar de Portugal 1/25000"; Boletim do IGeoE, Número 64, PP56-70, Novembro 2002.

passa também a ser armazenada em formato digital. A primeira folha a ser obtida através deste sistema foi a folha 435 de Vendas Novas, em 1978.

A introdução deste sistema obrigou a alterações profundas na cadeia de produção. Denominado de Sistema de Cartografia Automática, era constituído por três sub-sistemas, que funcionavam *off-line*:

- O sub-sistema de Aquisição de Dados
- O sub-sistema de Processamento de Dados
- O sub-sistema de Desenho

Este sistema foi introduzido de forma paralela na cadeia de produção, sendo, apenas adaptado a dois A8, continuando os restantes aparelhos a trabalhar do mesmo modo.

Com a introdução deste sistema, atingem-se benefícios de eficácia, pois regista-se um aumento da produtividade, em virtude da automatização de algumas tarefas. De realçar também o facto de alcançar benefícios de vantagens competitivas, pois em virtude de ser o primeiro sistema em Portugal, ele foi o garante de apoio aos censos de 80, de tal forma que de Julho de 79 a Dezembro de 80, os dois A8 com o sistema, trabalharam 25 horas por dia, a 4 turnos de 6 horas por dia, sendo que havia 30 minutos de sobreposição entre os turnos diurnos.

De qualquer dos modos, com a introdução deste sistema, assiste-se ao princípio do fim dos métodos tradicionais. A experiência adquirida com este sistema possibilitou uma transição pacífica para a era do digital que teria lugar em Março de 1986, com a introdução do VAX.

### **b. A era do VAX**

Em Março de 1986, inicia-se a era do VAX/VMS (*Virtual address Extension/Virtual Memory System*) com a introdução do Sistema *Intergraph 2000*. Este sistema apresentava uma arquitectura baseada numa *CPU standard* ( $\mu$ VAX II) e em periféricos provenientes de várias origens. Os então SCE foram também dotados de uma moderna rede de *Ethernet*, de cabo

grosso a 10 Mbits por segundo (Mbps), o que permitiu que todo o sistema estivesse *on-line*. Tal como o sistema *Konsberg* era constituído pelos mesmos três sub-sistemas.

### **c. Licenciatura em Engenharia Informática**

Em 1987, reconhecendo a importância crescente das TI, na actividade do Instituto, a sua direcção decidiu, à semelhança do que se passava com a Licenciatura em Engenharia Geográfica, efectuar convites a Oficiais para a frequência da Licenciatura em Engenharia Informática e posterior colocação no IGeoE. O primeiro licenciado, ao abrigo deste novo regime, iniciou funções em 1993.

### **d. O sistema Operativo UNIX**

Em 1989, com a aquisição das máquinas da *Intergraph*, modelo *InterAct*, é introduzido no Instituto o sistema operativo UNIX, mas só em 1993, é que o sistema VAX desaparece por completo, em virtude da introdução do modelo *InterPro*, na fotogrametria e que já incluíam o *software* de aquisição de dados *Microstation*. Este *software*, que foi evoluindo de versão em versão, é ainda o *software* utilizado hoje em dia na aquisição de dados por estereo-restituição e utilizado em toda a cadeia de produção como ferramenta de desenho.

### **e. Computadores Pessoais (PC) e MS-DOS**

Em 1992, foram adquiridos os primeiros PC com o sistema operativo MS-DOS. As razões da sua introdução, estiveram intimamente ligadas ao sucesso que estes sistemas estavam a ter e que se prendiam com a sua simplicidade de utilização, para além do seu reduzido custo, comparativamente a sistemas centralizados. Para além disso, havia um crescente número de aplicações disponíveis para estas plataformas. Este facto, determinou o início da disseminação de PC pelo Instituto. Para além do sistema operativo

MS-DOS, estes PC vinham ainda, equipados com uma interface gráfica baseada em janelas e designada por *Windows*. Esta interface, veio a evoluir ao longo de sucessivas versões, dando origem aos actuais *Windows2000* e *WindowsXP*.

#### f. O GPS

Ainda em 1992, os velhos teodolitos, que tanto serviço prestaram, começaram a ser substituídos por um novo sistema, que reduz drasticamente os tempos dos trabalhos de campo. Este sistema, permite, a partir do processamento dos sinais de rádio-frequência (RF), emitidos por uma constelação de satélites artificiais, determinar as coordenadas tridimensionais dos pontos onde foram posicionados os pratos das antenas de recepção. Estamos em presença daquilo a que designamos por GPS (*Global Positioning System*).

#### g. A Rede Novell

Em 1994, como resultado da crescente popularização dos PC e da necessidade da interligação destas máquinas é implementada uma rede *Novell*, assente numa infra-estrutura *Ethernet* de cabo coaxial fino, a 10 Mbps. É uma rede que pela primeira vez extravasa a cadeia de produção e se estende à parte administrativa e logística.

#### h. As Estações Digitais

Em 1995, começaram a chegar as primeiras estações digitais, as *ImageStation* da *Intergraph*, que pouco a pouco, substituíram os velhos estereo-restituídos analógicos, acabando por os substituir completamente. Este tipo de estereo-restituído, permite a superimposição da informação vectorial à imagem. As fotografias, são assim abandonadas e passa-se a trabalhar com a imagem digitalizada da mesma. A aquisição destas estações forçou à aquisição de um *scanner* fotogramétrico (alta precisão), que permite a digitalização dos diapositivos a várias resoluções.

#### i. Internet

Ainda em 1995, e no contexto da implementação da Rede Nacional de Informação

Geográfica, à qual o Instituto foi convidado a aderir, este passou a estar ligado à Internet, passando a disponibilizar um site e a fornecer aos seus utilizadores serviços de *internet mail* e *www*. Esta rede, operacional entre 1995 e 2001, ligava os Organismos do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG). Hoje em dia o Instituto, mantém a sua presença na Internet, [www.igeoe.pt](http://www.igeoe.pt) e disponibiliza, através da sua página um conjunto de serviços, tais como transformação de coordenadas, pesquisa de topónimos e venda dos seus produtos.

#### j. O Sistema Operativo *Windows NT*

Em 1997, é implementado um domínio, baseado no sistema operativo *Windows NT 4.0* (versões *workstation* e *server*). A sua introdução, surge da necessidade de organizar os recursos ligados à rede do Instituto, com vista a proporcionar uma infra-estrutura informática adequada às crescentes necessidades da instituição. Permitiu, por exemplo, a implementação de um sistema interno de correio electrónico, da Intranet, e a disponibilização centralizada de outros serviços, tais como, anti-virus, gestão documental, *helpdesk*, etc., para além de proporcionar um espaço unificado para designação de recursos. Paralelamente, foi substituída a antiga rede de dados do Instituto por uma nova rede que utiliza fibra óptica e cobre, e disponibiliza 100 Mbps em cada posto de trabalho, para além de ligar os dois edifícios do Instituto e permitir as ligações telefónicas através dos seus cabos.

#### k. Triangulação Aérea

A triangulação aérea (TA), constituiu um dos maiores avanços da tecnologia no apoio à geo-referenciação dos modelos e à fotogrametria.

Inicialmente, era efectuado o apoio par a par, ou seja por cada foto era necessário dois pontos de coordenadas conhecidas, vulgo pontos fotogramétricos (pf's), para que se pudesse efectuar a orientação absoluta dos modelos (geo-referenciação). Esta situação que obrigava

a um trabalho de campo gigantesco, lembre-se que estes pontos eram obtidos utilizando-se teodolitos, foi mantida por mais de 30 anos (1937-1968) e só em 1968, o avanço da tecnologia permitiu o uso desta técnica, que consistia na substituição de muitos desses pontos, por pontos artificiais. O *software* de cálculo utilizado na altura, foi desenvolvido pelo Doutor Rui Agonia Pereira, Investigador do Centro de Cálculo Científico da Gulbenkian e pelo Cap. Eng.º Geog Vasconcelos Nunes deste serviço e baseava-se num ajustamento de polinómios fiada a fiada. Nesta altura, havia já um *software* de TA, "*Program for the Adjustment of Strips and Blocks by Polynomial Transformation*" do Prof. SHUT do *National Research Council of Canada*, mas o seu manuseamento implicava um computador com requisitos não existentes na Península. Hoje em dia, a evolução continuou de forma drástica, de tal modo que com a adopção de uma linha de produção totalmente digital, este modo de triangulação tornou-se obsoleto e tirando partido das capacidades de correlação das imagens, a TA tornou-se automática, atingindo aquilo que neste momento parece ser o último grau de evolução possível nesta matéria.

## I. Reflexões

A introdução das TI, no Instituto, tem permitido atingir significativos benefícios de eficiência em virtude de em muitas áreas, se ter obtido poupanças de recursos, quer humanos, quer financeiros. Para além destes, também se obtiveram benefícios de eficácia, pois, apesar do pessoal não ter aumentado, o Instituto tem diversificado os seus produtos e aumentado a produção. Houve também benefícios de vantagens competitivas, nomeadamente relativas aos produtos.

A participação do Instituto em diversos projectos, quer isoladamente, quer em parceria com outras Instituições, tem sido um factor catalisador da introdução de novas tecnologias. Projectos conjuntos com a Associação de In-

dústrias Papeleiras (CELPA) para a realização de ortofotos digitais, cobrindo todo o País), e mais recentemente com o Instituto Nacional de Estatística (INE) no âmbito do Censos 2001 e com a Comissão Nacional Especializada em Fogos Florestais (CNEFF) no âmbito do planeamento do combate aos fogos florestais, são exemplos concretos desta realidade.

A introdução de novas TI no Instituto, nunca se fez com recurso a uma metodologia formal, no entanto, fazendo um paralelismo com a metodologia de desenvolvimento SIG (composta), pode-se afirmar que houve:

- **Consciencialização (motivação) inicial;**
- **Construção dum caso empresarial**, com a constituição de grupos de trabalho que efectuaram estudos, pesquisas e visitas;
- **Análise e especificação**, na medida em que se efectuaram estudos comparativos entre as várias possibilidades e sempre que possível foram implementados protótipos e efectuados testes;
- **Implementação**, sempre em paralelo e faseada;
- **Manutenção e revisão**: actualização sempre efectuada relativamente a *hardware* e *software* e adequação às necessidades (customização de interfaces, etc.). Embora, não tendo sido efectuadas auditorias formais, houve sempre uma preocupação em verificar se os objectivos estavam a ser atingidos e de actuar caso houvesse desvios.

Ainda relativamente a metodologias e no que diz respeito a factores humanos e organizacionais, estes sempre foram acautelados, nomeadamente a motivação e a formação e daí serem muito raros os casos de fracasso.

É de assinalar que a iniciativa nestas áreas sempre partiu do topo, ou seja as chefias do Instituto desempenharam um papel crucial, no desenvolvimento das TI e no modo pioneiro como elas foram implementadas no Instituto. Claro que essas iniciativas do topo, foram,

sempre apoiadas por todos aqueles que as receberam e de algum modo, foi o entusiasmo de todos os intervenientes que contribuiu para o sucesso da introdução das TI neste Instituto e das mudanças daí resultantes. Com esta tradição e cultura organizacional, de todos conhecida, torna-se fácil a introdução de novas tecnologias, pois a todos os níveis, existe confiança nas chefias e ao contrário do que seria de esperar, as questões sobre a introdução de novas tecnologias, são mais do género, o que é que vem aí a seguir do que questionar para que servem.

Ultimamente, metodologias alternativas, tais como, desenvolvimento de protótipos e desenvolvimento pelo utilizador final, têm sido extensivamente utilizadas para implementação de projectos de pequena dimensão.

### O Deskillling e o Reskilling

Com a introdução das novas tecnologias, muitas alterações se verificaram na cadeia de produção com implicações directas no trabalho de algumas pessoas, nomeadamente na Secção de Desenho. Enquanto que os fotogrametristas, topógrafos e operadores de edição, facilmente se adaptaram às novas tecnologias, isto devido essencialmente à sua baixa faixa etária, os desenhadores, pelo contrário, em virtude da automatização, tiveram de assumir uma nova função, a de revisores. Por coincidência, estes pertenciam à faixa etária mais elevada, o que lhes transmitia uma maior experiência como cartógrafos e portanto as habilitações adequavam-se ao desempenho das novas tarefas e esta Secção, passa a designar-se de Controlo de Qualidade. Acaso do destino ou pura sorte, a harmonia mantém-se, apesar das profundas alterações efectuadas. Hoje em dia, surge um novo problema, mais uma vez fruto das novas tecnologias e claro ataca no ponto mais fraco, já aqui evidenciado. Com a possibilidade de efectuar um controlo de qualidade digital, porque continuar a efectuá-lo no papel? Com o pessoal

em causa, com uma média de idades de 56 anos, com pouca formação na área da informática, o que fazer? Questão delicada, onde a impossibilidade de contratar pessoal, obriga a uma solução utilizando os meios humanos disponíveis.

Com a introdução das estações digitais na fotogrametria e a retirada dos aparelhos analógicos e analíticos da cadeia de produção é legítimo perguntar se ainda há necessidade de formar operadores como se fazia aqui há uns anos. Será que um operador de fotogrametria necessita de saber orientar um modelo, ou até mesmo saber de fotogrametria. Ele apenas tem de dispor de visão tridimensional, sentar-se em frente a um monitor e desenhar o terreno de acordo com as especificações da escala em questão que lhe são fornecidas. É verdade, este é o princípio do fim para um operador de fotogrametria, os novos cursos de fotogrametria do Instituto vão ser reconfigurados e se tinham a duração de um ano, provavelmente passarão a ter a duração de uns meses e relativamente à teoria, pouco terão a ver com os seus antecessores. Quem precisa de saber orientar um modelo incompleto ou eliminar a paralaxe em y? Os próprios operadores civis de fotogrametria do Instituto já foram reclassificados em operadores de sistema, ganhando assim uma nova qualificação, onde o termo *reskilling* se apropria. Para os novos operadores de fotogrametria o termo adequado será *deskillling*.

### O IGeoE e os Sistemas de Informação (SI)

Quando tudo começou, havia uma sala, chamada a sala do sistema, mais conhecida por "aquário", em virtude de ser uma sala rectangular, com janelas a toda a volta. Dispunha de ar condicionado, porta com abertura controlada por código e de acesso restrito a alguns, que tinham de usar vestuário e calçado apropriado. Era a sala do sistema *Kongsberg* e posteriormente do *VAX*, o famoso "aquário", onde trabalhava o "Byte", assim conhecido por

dizer que só conhecia um Byte, que era o "baité...", pois era, eram assim estes tempos e foi assim que tudo começou, em 1977, com um departamento de SI/TI fortemente centralizado, fechado a sete chaves e considerado na altura "a jóia da coroa". Com o fim do VAX, o "aquário" tem os seus dias contados e em 1994, é desactivado, com toda a carga de simbolismo que isso representa, é o fim do centralismo, da informática só para alguns, os donos do sistema. É um pouco como a queda do muro de Berlim, pois a entrada em cena dos sistemas UNIX, permite um pouco de liberdade aos utilizadores, permitindo estabelecer níveis de segurança através das contas de utilizador. Inicia-se, assim uma nova fase, através da descentralização, possibilitando aos responsáveis pelas várias áreas a capacidade de estes serem gestores das suas máquinas, independentemente da Secção de Informática continuar a ser o gestor último de todas as máquinas.

Com o sucesso crescente dos computadores pessoais, a situação alterou-se e passou a ser

possível implementar outros projectos, descentralizados e com recurso a *software* COTS (*Comercial Off The Shelf*), mais fácil de implementar, configurar, gerir e utilizar.

Em termos das teorias das organizações, o Instituto pode ser visto como uma estrutura triangular, em que podem ser identificados os três níveis, usualmente considerados (figura 2).

Pode definir-se como Sistema Informático do Instituto, o conjunto dos recursos de *hardware*, *software*, e ainda métodos, normas, procedimentos e pessoal directamente afecto ao planeamento, gestão e outras actividades directamente ligadas àqueles recursos.

A principal finalidade do Sistema Informático do Instituto é apoiar em termos de SI/TI todas as actividades que dele necessitem, sendo que o responsável último por estas actividades é o Director do Instituto, que define as políticas e as orientações gerais a seguir pela Instituição.

O órgão de execução, onde se desenrolam as principais actividades ligada ao Sistema Informático do Instituto, é a Secção de Gestão

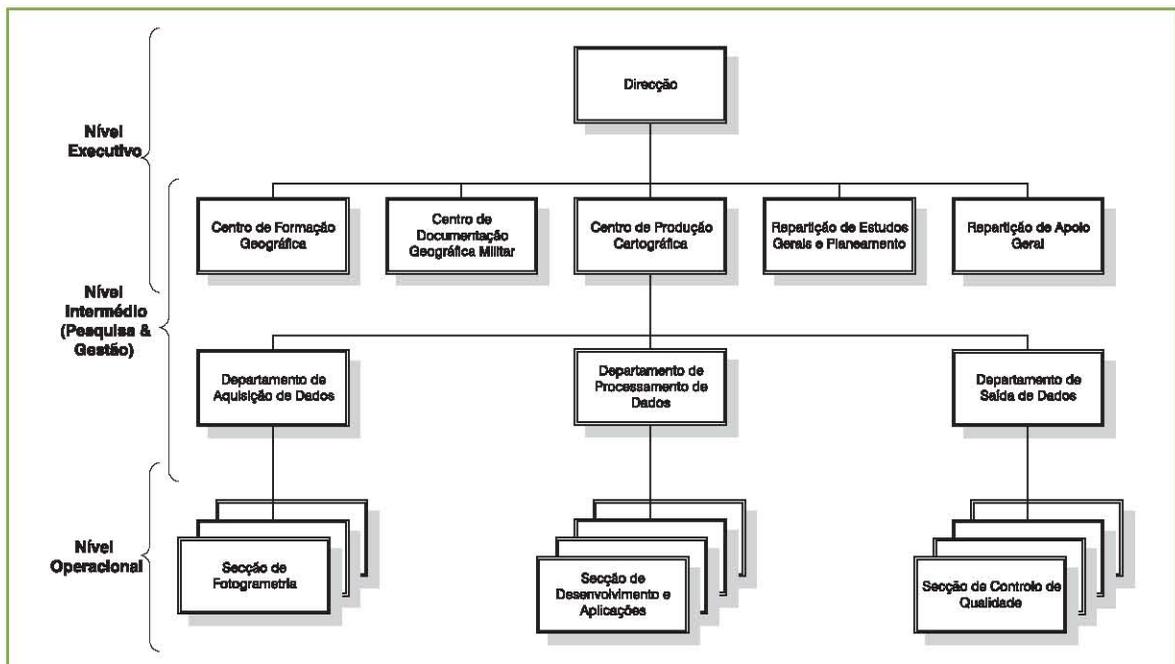


Figura 2

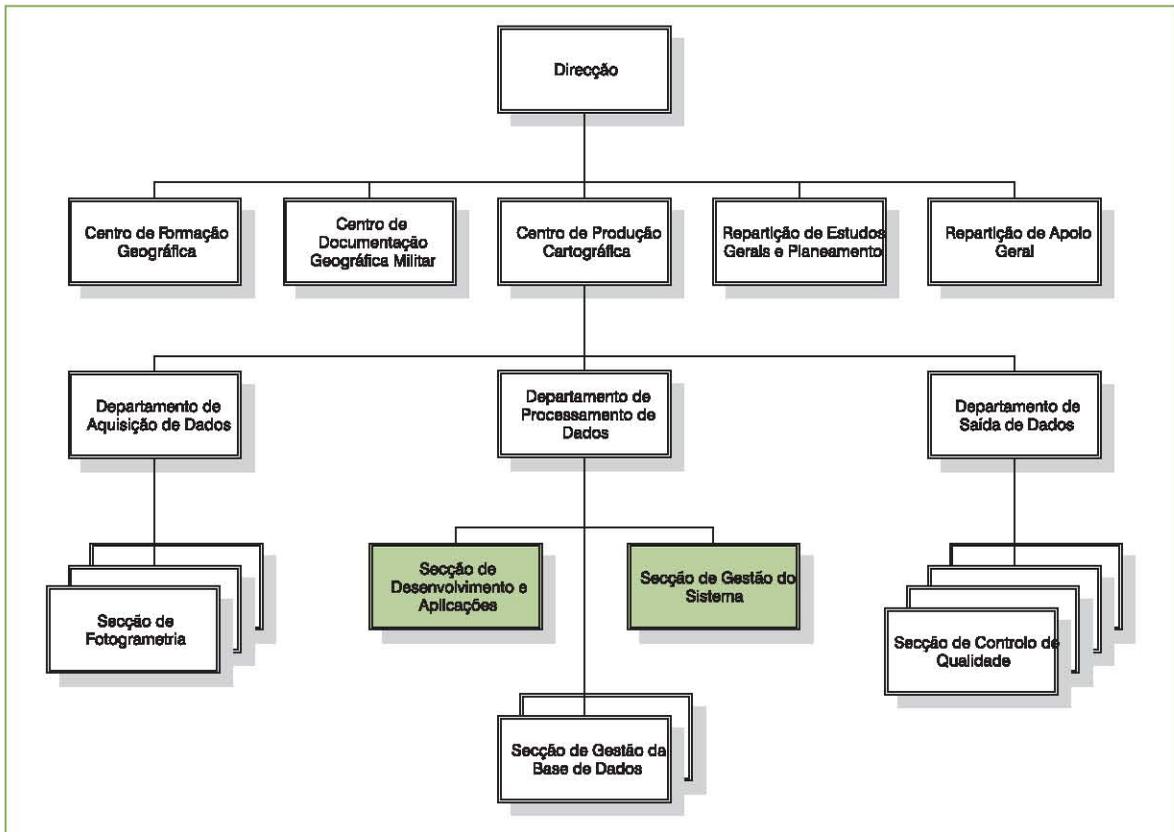


Figura 3 – Localização dos Órgãos de Execução do SI

de Sistema que tem por missão, gerir o sistema informático do Instituto. Trata-se de uma missão genérica que para ser cumprida pressupõe o desempenho de um vasto conjunto de actividades como planeamento, implementação, exploração, *helpdesk*, etc.. Ainda ligada ao Sistema Informático, existe uma Secção de Desenvolvimento de Aplicações com a missão de desenvolver aplicações informáticas. Estas duas Secções localizam-se no Departamento de Processamento de Dados do Centro de Produção Cartográfica, como se pode ver no quadro abaixo indicado e apoiam o Instituto como um todo.

Para cumprir a sua missão, a Secção de Desenvolvimento de Aplicações dispõe em quadro orgânico de 2 elementos e a Secção de Gestão de Sistema de 3 elementos, sendo o Chefe da Secção de Gestão do Sistema, o

gestor do Sistema Informático do Instituto.

Segundo King<sup>2</sup>, um Sistema Informático de uma organização pode ser analisado em termos do grau de centralização (descentralização) do Controlo, da Localização e das Funções.

Em termos genéricos, pode referir-se que a centralização permite a tomada de decisão de acordo com as directrizes da gestão de topo, permite economias de escala, evitar duplicações e manter a integridade operacional da organização, e definir normas e procedimentos gerais para a organização, facilitando os fluxos de informação e a integração.

A descentralização encoraja a iniciativa, criatividade e tomadas de decisão por parte dos gestores aos níveis inferiores da organização, melhora a capacidade de resposta a situações inesperadas e facilita a cooperação interdepartamental.

2 – King, John Leslie, "Centralized versus Decentralized Computing: Organizational Considerations and Management Options", *Computing Surveys*, Vol15, nº4, December 1983

	<b>Controlo</b>	<b>Localização</b>	<b>Função</b>
<b>Centralização</b>	<p>Consolidação de todas as decisões numa única entidade;</p> <p>As solicitações são encaminhadas por via hierárquica para essa entidade.</p>	<p>Uma ou poucas localizações;</p> <p>Os utilizadores quase não têm capacidade (computação, disco, etc.) local.</p>	<p>As principais funções (apoio a utilizadores, programação, gestão de sistemas, etc.) estão centralizados num único ou poucos centros;</p> <p>Os utilizadores apenas fazem uso dos serviços disponibilizados por esse(s) centro(s).</p>
<b>Solução Intermédia</b>	<p>Controlo centralizado de decisões que envolvem a organização como um todo, numa entidade de controlo;</p> <p>Os Departamentos podem tomar decisões sobre questões do seu nível, ainda que segundo normas impostas pela entidade de controlo.</p>	<p>Centralização dos principais recursos em um (ou poucos) centros;</p> <p>Os utilizadores podem criar, em pequena escala, e com autorização superior, capacidade local (disco, computação, etc.).</p>	<p>Centralização das principais funções;</p> <p>Os utilizadores podem desempenhar algumas funções relacionadas com actividades dos departamentos onde se inserem: programação, gestão de bases de dados, etc.</p>
<b>Descentralização</b>	<p>A maior parte das decisões é tomada ao nível departamental;</p>	<p>Os utilizadores têm liberdade para criar a sua capacidade local e só recorrem à capacidade central quando não existe outra possibilidade.</p>	<p>Total autonomia dos Departamentos para implementar e fornecer serviços.</p>

Tendo como base esta esquema de análise constata-se que o Instituto se encontra numa situação intermédia. É na Secção de Gestão do Sistema, que se localizam os principais recursos informáticos e se concentram as principais funções.

Já acima foi referida a estrutura triangular das organizações e a forma como a organização do Instituto pode ser dividida nos níveis Executivo, de Pesquisa e Gestão e Operacional. Utilizando a divisão acima referida, pode-se afirmar que quase todos os SI implementados no Instituto se concentram ao nível operacional, nomeadamente na automatização de procedimentos da

actividade operacional do IGeoE (produção de informação geográfica). Ainda que ao nível das secções já existam pequenas implementações de Bases de Dados para controlo das respectivas actividades, subsistem grandes dificuldades em passar do nível operacional para os níveis superiores, devido à diferente natureza dos dados e à natureza descentralizada da implementação destes sistemas, independentes entre si. No entanto, e para fazer face a esta descontinuidade começaram a ser tomadas medidas para normalizar as implementações deste tipo de sistemas por forma a poderem ser implementados SI ao nível de Pesquisa e Ges-

tão, alimentados por dados disponibilizados pelo nível operacional (Secções).

Ao Nível Executivo não existe nenhuma implementação de SI.

## O IGeoE e os SIG

É referido na literatura da especialidade que a história dos SIG pode ser caracterizada por uma versão acelerada da história das TI. Neste momento não é possível fazer tal afirmação relativamente ao historial dos SIG no IGeoE, em termos comparativos com as TI, uma vez que o historial dos SIG no Instituto ainda é recente.

O Cadastro Militar, é um vasto repositório de informação não cartográfica (geográfica), mas de interesse para operações militares (tais como, pontes e suas características, fotografias, etc.), que é coligida aquando da produção da correspondente folha da série cartográfica 1:25 000. Em virtude de se tratar de informação em formato digital, poderá um dia ser inserida num SIG e pode-se considerar como um reconhecimento de que a informação cartográfica não era suficiente, sendo necessário adquirir outra informação, para em determinadas situações completar a informação presente na cartografia convencional.

Da necessidade de associação da cartografia aos dados do cadastro militar, e a outros dados com interesse militar, nasceu o Projecto SIGMIL, lançado em 1996. Este projecto não passou de um protótipo e visava a implementação de um Sistema de Informação Geográfica Militar, com base na informação cartográfica das séries 1:25 000. Face a outras prioridades entretanto assumidas, este foi abandonado e em seu lugar lançado o projecto VMap, que consistiu na produção, em conjunto com parceiros da Aliança Atlântica, de informação na escala 1:250 000, em formato *Vector Product Format* (VPF), que é um formato próprio para SIG.

Existem muitos outros exemplos de SIG desenvolvidos no Instituto, sendo que todos eles foram desenvolvidos como protótipos e serviram para demonstrar, quer como se pode utili-

zar a informação cartográfica produzida, quer como se pode tirar partido da mesma. Talvez o mais emblemático seja o SIGMAD, desenvolvido em *ArcView* e que para a região de Sines, procura demonstrar de que modo a informação de que o Instituto dispõe, pode ser aproveitada, essencialmente aquela que não consta da Carta Militar 1:25 000, designadamente o já referido Cadastro Militar.

No decurso do corrente ano decorreram dois projectos essencialmente SIG:

- O projecto conjunto com a Comissão Nacional Especializada em Fogos Florestais (CNEFF), o ex-Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG) e a Direcção Geral de Florestas (DGF), que consiste na implementação de um SIG analógico para planeamento de operações de combate a fogos florestais<sup>3</sup>; este SIG combina quatro níveis de informação, uma base cartográfica opaca e três transparentes temáticos, uso dos solos, áreas ardidas e infra-estruturas de combate a fogos florestais. A razão fundamental pela opção pelo formato analógico teve que ver com a escassez de recursos por parte das entidades destinatárias (entidades regionais e locais, responsáveis pelo planeamento das actividades de combate a fogos florestais), em *hardware*, *software*, dados e pessoal especializado para implementar uma versão do mesmo;
- Implementação de um SIG com a informação aeronáutica, da série cartográfica *1501Air*; este SIG visa facilitar a gestão e actualização da referida informação, bem como apoiar a produção da série cartográfica respectiva.

O Centro mais vocacionado para este tipo de actividade é o Centro de Documentação Geográfica Militar, que desenvolve o VMap e apoia o PCMap. Recentemente este Centro apresentou um Kit analógico de Cartografia, constituído por cartas temáticas, produtos obtidos por um SIG, como sejam cartas de declives, de orientação de encostas, traficabilidade, etc.

3 – Cardoso, Domingas R. C., Martins, J. A. G., "Do Digital para o Analógico", ESIG 2002, Oeiras, Portugal

O Instituto oficialmente, dispõe de uma ferramenta SIG, o *PCMap* para apoio às Forças Armadas. É um sistema essencialmente militar que utiliza um formato próprio e bastante difundido, mesmo a nível internacional, e utilizado pelas Forças Nacionais Destacadas em todos os Teatros de Operações em que têm actuado. Claro que tem as suas limitações e não pode ser comparado, quer ao *Geomedia*, quer ao *ArcGis*, no entanto cumpre as funções básicas para as quais foi desenvolvido.

Finalmente algumas considerações sobre SIG e produção cartográfica, no sentido de reforçar a crescente importância dos SIG na cartografia, nomeadamente:

- Na produção de mapas, onde começa a ser possível a produção de mapas, numa forma simples, com grande sofisticação, diversidade e em quantidade;
- Em ferramentas de análise espacial, que permitem sofisticados processos de validação de dados;
- Ao nível dos modelos de dados, permitindo acomodar outra informação de carácter não geográfico e topológica.

No entanto, os SIG exigem recursos adicionais, tais como tempo, ferramentas de *software* e formação e implicam mudanças importantes, sobretudo ao nível das propriedades que a informação deve possuir (validações geométricas, topológicas e informação adicional).

Ao contrário das TI, os SIG dentro do Instituto foram frequentemente impulsionados pelas bases. Procurar motivos para tal, talvez não seja fácil, mas a verdade é que o objectivo principal do Instituto é terminar a actualização da cartografia em formato digital do País obtida exclusivamente por estereo-restituição. Se a isto juntarmos o facto de os SIG serem uma tecnologia que se tem vindo a desenvolver, apresentando ainda muitas limitações, nomeadamente na questão dos formatos, talvez estejamos a aproximar-nos do porquê. Talvez não seja ainda a

altura certa para um produtor de cartografia avançar nesta área, pelo menos com a implementação de um sistema para produção de cartografia. No entanto, já existem produtos vocacionados para SIG, sendo que o *VMap* à escala 1:250 000, é o exemplo mais concreto, estando neste momento a proceder-se a estudos para se iniciar o *VMap* à escala 1:25 000.

### O IGeoE e o futuro

No que às TI diz respeito, é possível antever algumas tecnologias que poderão provocar algum impacto na actividade operacional do Instituto, nomeadamente o aparecimento das câmaras aéreas digitais, imagens de satélite de alta resolução, imagens *SAR* (*Synthetic Aperture Radar*) e modelos de dados mais ricos que permitam produzir mais e melhores produtos digitais.

Relativamente aos SI, as actividades serão orientadas para a compatibilização e integração dos diversos SI ao nível operacional e concretização de SI para colmatar o actual vazio no nível de pesquisa e gestão e no nível executivo, sem esquecer a sua integração ao longo dos níveis.

Existe ainda a possibilidade de alguns destes SI evoluírem para um SIG, dada a conveniência em incluir a componente espacial em determinadas actividades, nomeadamente ao nível do planeamento e análise.

Ninguém duvidará da importância da utilização dos SIG no futuro, ou pelo menos nós não. A cartografia é algo extremamente importante e crucial para os militares, pelo que as possibilidades que os SIG oferecem nesta área é algo que não deve ser desprezado. Imagine-se um comandante militar que possa efectuar os seus estudos de situação e tomar a sua decisão, proporcionados pelos algoritmos implementados no SIG e confiando nos mesmos. Imagine-se um comandante militar que possa "voar" pela área de conflito, calmamente sentado em frente ao monitor, sem ter de se deslocar ao terreno, ou na impossibilidade de o fazer.

Imagine-se um comandante militar que possa visualizar em tempo real a situação actualizada das suas forças e do inimigo. Imagine-se um comandante militar que possa simular várias situações de combate e daí obter mais valias para a condução das operações.

## Conclusões

O ciclo de vida das tecnologias tem vindo a encurtar. O Instituto tem acompanhado essa evolução e, sempre que estas foram introduzidas, provocaram mudanças efectivas, a todos os níveis.

Esse processo foi sempre apoiado pela Direcção e assumida com entusiasmo pelas pessoas envolvidas, o que desde logo se constituiu como um importante factor de sucesso.

A actividade do IGeoE é a produção de informação geográfica, e dentro desta a actual prioridade vai para a produção cartográfica. Neste sentido, os SIG, apesar de poderem facilitar alguma dessa produção, exigem recursos adicionais e implicam mudanças importantes, sobretudo ao nível das propriedades que a

informação deve possuir. Os recursos actualmente disponíveis são pouco compatíveis com a introdução imediata desta tecnologia para a produção geográfica (cartográfica) em larga escala.

Embora talvez não num futuro imediato, é muito provável que os SIG passem a apoiar a principal actividade operacional do IGeoE, ou seja, a produção cartográfica. A implementação de protótipos, tal como o SIG com informação aeronáutica para apoio à produção da série cartográfica 1501A (em fase de implementação), constituem preciosos testes para avaliar a aplicabilidade na produção cartográfica.

Estabelecendo um paralelismo entre a história das TI e a utilização dos SIG, no Instituto, não deverá ser difícil prever que:

- O IGeoE fará uso extensivo dos SIG quando forem mais claros os benefícios e mais favorável a relação benefício-custo;
- Dada a cultura da organização e o historial do processo de introdução de TI no Instituto é de admitir que os SIG serão indutores de mudança, e que esta se fará com a franca adesão de todos os envolvidos.



# Gestão por Objectivos

> António Afonso

Major Art, Engº Geógrafo, Chefe do GQA  
afonso@igeoe.pt

*A postura pioneira do Instituto Geográfico do Exército (IGeoE), organismo integrado no Ministério da Defesa Nacional, permitiu-lhe ser o primeiro organismo da Administração Pública e das Forças Armadas, que detém a certificação integrada simultaneamente em sistemas de gestão da qualidade e de ambiente, segundo as normas NP EN ISO 9001:2000 e NP EN ISO 14001:1999, respectivamente, para o âmbito da concepção, desenvolvimento e produção de informação geográfica.*

*Cabe a este organismo do Ministério da Defesa Nacional, a gestão eficaz da informação geográfica, prestigiando assim, o Exército e as Forças Armadas. Este organismo é, actualmente, responsável pela produção do vastíssimo volume de informação geográfica disponível em Portugal. Os produtos de base geográfica, exigem uma permanente renovação e actualização, destinando-se a servir as organizações ou os cidadãos comuns, para além do estrito uso militar.*

*Para o leitor, as perguntas que certamente se levantam neste momento serão entre outras as seguintes:*

*"Mas afinal, em que se traduziu a obtenção de tão importante certificação? Que efeitos práticos teve na organização?"*

*Procurar responder de forma sucinta a estas e outras questões, será esse o objectivo primordial deste artigo.*

## Definição dos processos

**D**ifícilmente se chega ao fim de um ciclo, sem um caminho delineado. A vantagem competitiva do IGeoE tem origem nas suas actividades que permitem conceber, produzir, comercializar, entregar e sustentar o seu produto/serviço. Cada uma das actividades contribui para melhorar continuamente a eficácia e desempenho da organização.

O primeiro passo a fazer, é hierarquizar todas essas actividades que no caso do IGeoE foi definido da seguinte forma:

**Macroprocessos:** engloba um conjunto de processos de acordo com as suas afinidades;

**Processos:** inclui um conjunto de actividades inerentes a cada processo, os *inputs* que são transformados pelo processo em *outputs*, e os recursos necessários. Nesta fase definem-se os gestores dos respectivos processos;

**Actividades:** Descrevem o *workflow* do processo onde são definidos os responsáveis dos Centros e Repartições do IGeoE e as tarefas a executar.

**Tarefas:** conjunto de acções a desenvolver, onde se definem os responsáveis, das áreas funcionais que pertencem aos Centros e Repartições, que as executam.

## Estrutura e processos chave

Na prática a actividade de uma organização, seja o IGeoE, ou um organismo público ou uma empresa, traduz-se num conjunto de processos e actividades que têm de ser geridos e medidos no sentido da sua melhoria contínua.

Para estruturar os seus processos, o IGeoE abordou o tema através da utilização simples do ciclo de *Deming*, o tão conhecido PDCA (*Plan* – Planear, *Do* – Executar, *Check* – Verificar, *Act* – Actuar). Deste modo, definiram-se os seguintes macroprocessos e processos os quais interagem entre si da forma ilustrada na figura 2.

Quanto aos processos chave, o critério

definido foi o da realização de mais valias para o IGeoE, isto é, aqueles que nos permitem obter receitas e assim "sobreviver" neste mundo cada vez mais competitivo. Foram então identificados três processos chave e que são os seguintes:

- Produção Cartográfica;
- Armazenamento de Produtos;
- Venda e prestação de Serviços.

### Gestor dos processos

Identificados os processos, é necessário nomear os gestores dos mesmos e assim definir e atribuir responsabilidades inerentes a cada processo.

Este passo, não menos importante, obrigou a uma "alteração de mentalidades" dentro de uma organização militar, que está estruturada e vocacionada para uma lógica de estrutura hierarquizada verticalmente, para uma definição e abordagem por processos, onde o fluir eficaz das actividades se faz de uma forma transversal.

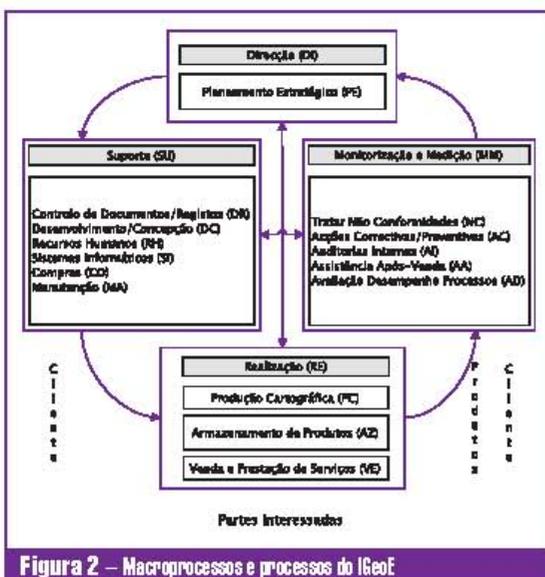


**Figura 1** – Entrega formal dos certificados de Qualidade e Ambiente ao Ex.mo Sr. Director do IGeoE Cor. Cav.º Eng.º Geog. Manuel da Silva Couto, pelo presidente da APCER Dr. Miranda Coelho

### Objectivos dos processos

Identificados os processos e nomeados os gestores, a forma como cada processo, respectivas actividades e tarefas do IGeoE, contribuem para a eficácia e desempenho da organização tem de ser medida. Por isso se definem indicadores e objectivos. Nesta fase, os gestores dos processos desempenham um papel fundamental, porque a primeira função a ser levada a cabo no IGeoE, é o planeamento. Começa com a definição de objectivos claros e precisos e que por sua vez devem ser coerentes com a missão deste Instituto.

Anualmente, é feito um planeamento estratégico cujo gestor do processo é o Exmo Sr. Director do IGeoE. Define as "linhas orientadoras" e em conjunto com todos os gestores dos processos elabora o Plano de Actividades para o ano seguinte, no qual são definidos e



**Figura 2** – Macroprocessos e processos do IGeoE



# Notícias

— Visitas ao IGeoE

## 27 de Janeiro de 2003

O IGeoE recebeu a visita do Director Geral de Infraestruturas do M.D.N. Eng<sup>o</sup> Bernardo Xavier Alabaça, que se fez acompanhar pelo Chefe da Divisão de Estudos Ambientais TCor Art<sup>a</sup> Estrela Soares e Dr<sup>a</sup> Célia Duarte Batalha, Chefe da Divisão de Inventário, Cadastro e Gestão Patrimonial, no âmbito das Infraestruturas do Ministério da Defesa Nacional.



## 03 de Abril de 2003

Visita ao IGEOE do Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação (ISEGI) da Universidade Nova de Lisboa, composta por 20 alunos e um docente. Esta visita insere-se no âmbito da disciplina de Sistemas de Informação Geográfica do 3<sup>o</sup> Ano, que tem o máximo interesse em tomar conhecimento com a tecnologia de ponta, existente no IGeoE.



## 10 de Março de 2003

Visita ao IGeoE da Faculdade de Arquitectura da Universidade Técnica de Lisboa. Esta visita foi composta por 40 Alunos do 5<sup>o</sup> Ano de Arquitectura de Gestão Urbanística e de Arquitectura de Planeamento Urbano Territorial, e enquadra-se na cadeira de Sistemas de Informação Geográfica, dos referidos cursos, tendo portanto, interesses nas áreas relacionadas com produção da cartografia e projectos como o *VMap*.

## 08 de Abril de 2003

Visita ao IGEOE de Oficiais que frequentaram o Curso Superior de Comando e Direcção (CSCD), Curso Superior Naval de Guerra (CSNG) e Curso Superior de Guerra Aérea (CSGA) no ano lectivo de 2002 - 2003.



## 17 de Março de 2003

Visita ao IGeoE da Universidade do Algarve – Escola Superior de Tecnologia. Pretendeu-se proporcionar aos Alunos do 3<sup>o</sup> Ano do Curso de Bacharelato em Engenharia Topográfica contactos com a produção de infor-

mação geográfica, em particular nas áreas da Fotogrametria, Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica. Os alunos foram acompanhados por cinco docentes.

### 15 e 16 de Maio de 2003

Visita ao IGeoE de uma Delegação de Marrocos enquadrada nas actividades bilaterais entre Portugal e Marrocos. Esta delegação foi constituída pela Major Jalila Moussaid e pelo Capitão Rachid Hegrouri.



### 04 de Junho de 2003

Visita ao IGeoE do Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna/PSP, constituída por 40 alunos do 2º Ano do Curso de Formação de Oficiais de Polícia, tendo por objectivo ser um complemento da instrução que lhes é ministrada.

### 18 de Junho de 2003

Visita ao IGeoE da Academia Militar. Esta visita foi composta por 14 Cadetes, alunos do 2º ano de Artilharia e de Engenharia da Cadeira de "Topografia II". Acompanharam estes Alunos 1 Oficial da Academia Militar.

### 10 de Julho de 2003

Este evento teve como objectivo reunir os antigos e os actuais colaboradores do IGeoE. As vertentes que pautaram este acontecimento foram basicamente as seguintes:

- Inauguração do Monumento ao Cartógrafo por SEXA o Gen CEME (em regime de substituição) SEXA o TGen António Formosinho Correia Leal VCEME
- Alocução alusiva à efeméride pelo Director do IGeoE
- Mensagem de SEXA o Gen CEME
- Apresentação do Livro do Instituto Geográfico do Exército pelo Sr. TCor José Custódio Madaleno Geraldo



- Atribuição formal da certificação do IGeoE em Sistemas de Gestão da Qualidade, segundo a norma ISO 9001:2000, e em Sistemas de Gestão Ambiental ISO 14001:1996, tornando-se assim o primeiro, e actualmente o único, organismo público português certificado simultaneamente segundo estas duas normas prémio este entregue pelo Presidente da Associação Portuguesa de Certificação, Dr. Miranda Coelho



### 24 de Julho de 2003

.Visita ao IGeoE do Instituto Hidrográfico do Curso de Especialização de Oficiais em Hidrografia, no âmbito do programa de Colaboração e Cooperação. Esta visita foi constituída por cinco alunos.

### 8 de Setembro de 2003

Visita ao IGeoE da Escola Prática de Engenharia, no âmbito do Curso de Instrutores de Protecção Ambiental, que visa proporcionar aos Oficiais e Sargentos instruendos um contacto real com entidades que incluam na sua actividade acções de Protecção Ambiental. Esta visita foi constituída por 30 alunos.

### 26 de Setembro de 2003

Visita ao IGeoE de uma Delegação da Roménia no âmbito das Relações Bilaterais entre Portugal e a Roménia, no domínio da Protecção Ambiental nas Forças Armadas. Esta delegação foi composta pelo TCor Eng<sup>o</sup> Illina Danut Oficial Especialista do Grupo de Peritagem de

Protecção Ambiental e a Eng<sup>a</sup> Condac Mariana, Chefe do Laboratório de Protecção Ecológica e Ambiental do Hospital Militar Clinico de Emergência da Roménia, que se fizeram acompanhar pela Dr<sup>a</sup> Rosário Penedos (DGPDN) e pelo TCor Estrela Soares (DGIE/MDN).

### 02 de Outubro de 2003

Visita ao IGeoE do Instituto Hidrográfico do aluno do Curso de Engenheiro Hidrógrafo. O elemento que constituíu esta visita foi o Primeiro-Tenente Santos Martinho.

### 13 e 14 de Outubro de 2003

Visita ao IGeoE de uma Delegação da Polónia no âmbito das Relações Bilaterais Portugal-Polónia composta pelo Coronel Eugeniz Sobczynski, Chefe da Divisão de Geografia Militar do Estado Maior das Forças Armadas da Polónia e pelo TCor Piotr Przybylinski, da Divisão Geográfica Militar.

### 27 e 28 de Outubro de 2003

Visita ao IGeoE de uma Delegação da Itália no âmbito da Cooperação Técnica composta pelo Cor Antonio Satta (*Chief of General Planning Branch*), TCor Sabato Rainone e o Cdr. Massimiliano Nannini. Após a apresentação de cumprimentos foi feito um *briefing* seguido de uma visita às instalações com incidência nas áreas de produção de informação geográfica. Após o almoço, na reunião de trabalho, foram discutidos vários assuntos entre os quais o protocolo de cooperação técnico entre os dois países.

### 30 de Outubro de 2003

Visita ao IGeoE do CINCSOUTHLANT no âmbito da cooperação Técnica composta por quatro elementos, Cdre (UK) N. Cristopher Waite, Cdr (UK) N. Martin Smith, Maj (PO) A. José Balsinhas e 1Sar (PO) A. Augusto Alves. Após a apresentação de cumprimentos foi feito um *briefing* seguido de uma visita às instalações com incidência nas áreas de produção de informação geográfica. Durante a visita foram abordados vários assuntos tais como o protocolo a realizar no âmbito da partilha da informação geográfica.

## — Missões ao estrangeiro

### 5ª Semana Geomática

**Período** – 11 a 14 Fevereiro 2003

**Participante** – 1 Oficial

**Local** – Barcelona

Neste congresso foram abordados temas de especial interesse para o IGeoE, como sejam a Geodesia, Sistemas de Navegação, Cartografia e Sistemas de Informação Geográfica. Para além destes temas actuais, decorreu paralelamente com o congresso o primeiro salão internacional da Geotelemática organizado pela FIRA Barcelona

### Reunião SACWIG

**Período** – 01 a 02 Abril 2003

**Participante** – 1 Oficial

**Local** – França

O SACWG (*Special Aeronáutica Chart Working Group*) é um grupo de trabalho composto por diversos países e comandos NATO que tem vindo a reunir desde 1996 e que, entre outras finalidades, é responsável pela coordenação e execução das cartas aeronáuticas. Estas cartas baseiam-se nas séries cartográficas das escalas 1:250 000 e 1:500 000, com a inclusão de informação de interesse aeronáutico. Teve lugar, em Bordeuax, França, no período de 1 a 2 de Abril, a reunião do SACWG. A nível nacional, o IGeoE tem a responsabilidade de produzir cartas aeronáuticas para apoio às operações aéreas levadas a efeito pela FAP, Armada e, a curto prazo, pelo Exército através do GALE. Portugal tem neste momento editadas e actualizadas a série cartográfica 1501 (escala 1:250 000) e a série 1501 Air (escala 1:250 000), bem como a carta militar itinerária à escala 1:500 000. Assim, é do interesse de Portugal, enquanto utilizador de informação cartográfica aeronáutica, manter o acompanhamento dos trabalhos deste grupo, no sentido do conhecimento das especi-

### Curso Fotogrametria Espacial

**Período** – 10 a 21 Fevereiro 2003

**Participante** – 1 Oficial

**Local** – Barcelona

Durante a realização da última reunião entre os Directores dos Institutos Geográficos Sul-Americanos, de Espanha e Portugal (DIGSA), realizada no Equador, a delegação espanhola propôs a realização de um curso técnico especializado em fotogrametria espacial, a realizar em Barcelona no período de 10 a 21 de Fevereiro de 2003, que se complementava com a assistência à 5ª Semana Geomática de Barcelona. A iniciativa foi aprovada por parte dos restantes países que integram a DIGSA. O curso seria ministrado no Instituto Cartográfico da Catalunha (ICC), Barcelona e teria ainda a colaboração do Centro Geográfico do Exército (CEGET) e do Instituto Geográfico Nacional (IGN), ambos de Espanha. Neste contexto, o Director do ICC formalizou o convite ao IGeoE para que elementos dos seus quadros participassem no **II Curso de Formação Teórico-Prático Sobre Técnicas Avançadas (Fotogrametria Espacial)**. O curso em questão abordou aspectos ligados à fotogrametria, com especial ênfase em plataformas espaciais nomeadamente os diferentes tipos de sensores, quer em formato digital, quer em formato analógico, os processos clássicos de fotogrametria, a fotogrametria digital e, ainda um conjunto de demonstrações que apoiaram todas as sessões teórico-práticas.

ficações e da informação a utilizar nos diversos TO onde as Forças Armadas Portuguesas possam vir a actuar. Por outro lado, como produtor de séries cartográficas internacionais (caso das séries 1501 Air), é igualmente necessário o acompanhamento dos trabalhos deste grupo por forma a avaliar o impacto das novas tendências na produção daquelas séries, ou de outras que o IGeoE possa vir a produzir.

## Reuniões do DGIWG/TC e VACWG/TC

**Período** – 07 a 11 Abril 2003

**Participante** – 1 Oficial

**Local** – Canadá

O grupo do VACWG (*Vector Smart Map Co-production Working Group*) é responsável pelo programa VMAP (*Vector Smart Map*) que assenta no objectivo de produzir cartografia digital com um formato e parâmetros comuns de modo a possibilitar o seu uso pelos diferentes sistemas de armas, a partir de um uso limitado de recursos. Este projecto já permite em parte e no futuro na totalidade, o acesso à informação cartográfica digital de qualquer parte do Globo a todos os países membros do VACWG, o que é manifestamente importante no apoio cartográfico às Forças Armadas Portuguesas no desempenho de missões internacionais, mormente nos TO da Bósnia, Timor e Macedónia. O grupo do DGIWG (*Digital Geographic Information Working Group*) é responsável pela coordenação dos sistemas de informação geográfica dos países membros da NATO e de outros países tecnologicamente desenvolvidos, bem como dos formatos a utilizar para intercâmbio dessa informação digital. Isso visa permitir a utilização, por forças destes países, de cartografia comum, com os mesmos conteúdos e graus de actualização, com o objectivo de apoiar exercícios e operações militares, e minimizar a possibilidade de acidentes devidos à desactualização cartográfica. O IGeoE participa nas reuniões deste grupo de trabalho desde 1996 como observador e desde 1999 como membro efectivo. Teve lugar na cidade de Vancouver/Canadá, no período de 07 a 11 de Abril de 2003, as reuniões dos grupos de trabalho DGIWG/TC e VACWG/TG, as quais estavam inicialmente marcadas para a Turquia e transferidas para o Canadá, em virtude da situação mundial.

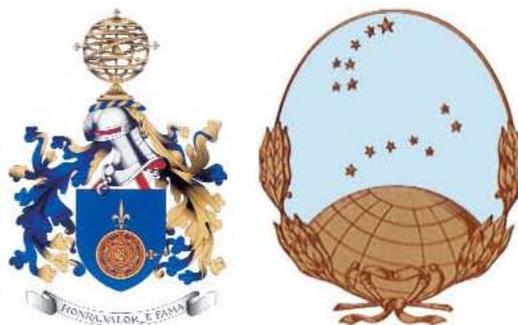
## Reunião preparatória da Campanha de Manutenção da Fronteira entre as delegações do Instituto Geográfico do Exército de Portugal (IGeoE) e o Centro Geográfico del Ejército de Espanha (CeGET)

**Período** – 05 a 09 Maio 2003

**Participante** – 3 Oficiais

**Local** – Madrid

Desde 1993 que o Instituto Geográfico do Exército (IGeoE) assegura as funções inerentes à Delegação Técnica Portuguesa da Comissão Internacional de Limites (CIL), da responsabilidade do Ministério dos Negócios Estrangeiros (MNE) de Portugal. Esta delegação é responsável por efectuar trabalhos de campo relativos à manutenção dos Marcos de Fronteira (MF) entre Portugal e Espanha, conjuntamente com a sua congénere espanhola, a qual integra o Centro Geográfico del Ejército (CEGET) de Espanha. Para se efectuar a manutenção dos MF, por forma a não se deixar amatar em demasia a zona dos marcos, é efectuada todos os anos uma campanha de duração variável, que poderá ir dos 4 aos 7 meses, contemplando um dos sete troços em que foi dividida a fronteira para este efeito. A reunião teve lugar em Madrid, no período de 5 a 9 de Maio de 2003 com a participação de 3 Oficiais por País.



## Meeting INTERGRAPH (GEOSPATIALWORLD 2003)

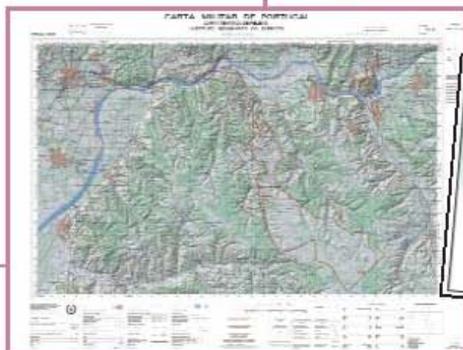
**Período** – 19 a 21 Maio 2003

**Participante** – 3 Oficiais

**Local** – EUA

O Instituto Geográfico do Exército integra o grupo constituído pelos utilizadores da *Intergraph* na área da Cartografia e dos Sistemas de Informação Geográfica, cuja reunião este ano, se realizou em New Orleans, Louisiana/EUA, no período de 19 a 21 de Maio. A organização do evento pretende que a *GeoSpatialWorld* se constitua como uma referência mundial na área da Cartografia e dos Sistemas de Informação Geográfica. Neste evento os utilizadores de *software Intergraph* são convidados a apresentar os seus últimos desenvolvimentos. Com a participação do IGeoE no *GeoSpatialWorld 2003*, pretendeu-se acompanhar os desenvolvimentos científicos e técnicos no âmbito da produção cartográfica e dos Sistemas de Informação Geográfica, em particular na estruturação gráfica e topológica da informação digital, para que o crescimento e desenvolvimento da cartografia militar se faça de uma forma integrada e orientada para soluções de futuro, conseguindo-se assim evitar investimentos desnecessários quer para o IGeoE quer para o Exército.

Por ocasião da conferência, o trabalho do IGeoE foi mais uma distinguido pela sua qualidade. Desta vez o Instituto obteve o 1º lugar na categoria de *Printed Maps*, do concurso *2003 Awards for Cartographic Excellence*. Foi apresentado um trabalho com base na folha 27-II, da Série M782, escala 1:50 000, utilizando *relief shading*, uma técnica de projecção da sombra segundo determinada direcção, possibilitando assim uma melhor interpretação do terreno.



## 2º Workshop em Processamento e Fusão de Imagem sobre áreas Urbanas

**Período** – 22 a 23 Maio 2003

**Participante** – 2 Oficiais

**Local** – Alemanha

Realizou-se em 22 e 23 de Maio de 2003 na Universidade Técnica de Berlim - Alemanha, o "2º Workshop em Processamento e Fusão de Imagem sobre Áreas Urbanas", evento este, que reuniu e apresentou trabalhos de investigação realizados no âmbito da Aquisição e Detecção de Elementos (Alvos), sob a supervisão do "Data Fusion Working Group", sendo um evento apoiado fundamentalmente por três organizações de reconhecido mérito; IEEE (*Geoscience and Remote Sensing*), ASPRS (*American Society of Photogrammetry and Remote Sensing*) e ISPRS (*International Society of Photogrammetry and Remote Sensing*). No âmbito das actividades do IGeoE, particularmente no âmbito da Produção de Cartografia Imagem e do Curso de Interpretação de Imagem, este evento revestiu-se de grande interesse já que permitiu um acompanhamento dos desenvolvimentos mais recentes nesta área do processamento de imagem. A aplicação e implementação das novas técnicas e metodologias de exploração desta fonte de dados que é a imagem de satélite de alta resolução, constitui sem dúvida uma mais valia na formação dos quadros do IGeoE e do Exército com resultados directos quer na cadeia de produção quer na formação de quadros das Forças Armadas no âmbito dos Cursos de Interpretação de Imagem, responsabilidade esta atribuída ao IGeoE desde 1953.



## Reunião da Conferência Geográfica NATO

**Período** – 16 a 20 Junho 2003

**Participante** – 1 Oficial

**Local** – Bélgica

A Conferência Geográfica NATO (NGC) realiza-se anualmente no Quartel-General da NATO. Os principais objectivos da NGC são: definir uma Política Geográfica NATO, hoje mais abrangente ao espaço físico dos países fundadores da organização, na qual se inclui a integração e participação dos países PFP; coordenar a actuação dos países no âmbito do apoio geográfico em assuntos que dizem respeito à produção, armazenamento e distribuição de informação geográfica; facultar à NATO o acompanhamento da evolução tecnológica na área que lhe compete, promovendo a investigação, a divulgação e a utilização de métodos, de equipamento e informação provenientes dos organismos que dela dependem, ou através de contactos com organizações nacionais e internacionais. Sendo o IGeoE a entidade que, no Exército, tem responsabilidades no âmbito do apoio geográfico, de que se realça o cumprimento de compromissos assumidos para com a NATO, bem como a preparação e o fornecimento de cartografia das regiões onde as FND actuam.

## Conferência Internacional ESRI – 2003

**Período** – 05 a 11 Julho 2003

**Participante** – 1 Oficial

**Local** – EUA

O *Environmental Systems Research Institute, Inc* (ESRI) é a principal empresa norte-americana que desenvolve *software* para Sistemas de Informação Geográfica e constitui-se como a maior produtora, a nível mundial, de aplicações para esses sistemas. Realiza-se anualmente em San Diego, Califórnia-EUA, a Conferência Internacional que reúne os utilizadores de sistemas e aplicações desenvolvidas pela ESRI. A conferência englobou sessões orientadas por moderadores convidados e especialistas em informação geográfica, intervenções individuais e painéis de discussão relativos a temas específicos. Paralelamente às intervenções técnicas decorreu uma exposição, a qual constituiu uma oportunidade para os utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica tomarem conhecimento das reais capacidades e das novas ferramentas desenvolvidas nesta área. A partilha de experiências, a troca de conhecimentos e os novos desenvolvimentos em Sistemas de Informação Geográfica, foram os grandes temas desta reunião.

## Visita ao Serviço Topográfico Militar do Exército Búlgaro

**Período** – 19 a 22 Junho 2003

**Participante** – 2 Oficiais

**Local** – Bulgária

No âmbito das relações bilaterais entre os dois países, realizou-se uma visita ao Serviço Topográfico Militar (STM) do Exército Búlgaro, que contou com a participação de dois Oficiais, no período de 19 a 22 de Junho. Um dos assuntos agendados para a reunião foi a assinatura do Acordo de Cooperação Técnica entre o Instituto Geográfico do Exército e o Serviço Topográfico Militar (STM) do Exér-

cito Búlgaro, no âmbito da cooperação no campo da geografia militar e da troca de dados e materiais geográficos militares. Outra questão que foi abordada durante a reunião foi o acompanhamento da evolução tecnológica na área geográfica, promovendo a investigação, a divulgação e a utilização de métodos, equipamento e informação provenientes de ambos.

## 49ª Semana de Fotogrametria

**Período** – 01 a 05 Setembro 2003

**Participante** – 3 Oficiais

**Local** – Alemanha

Iniciado em 1909, com realização bienal, o evento goza, actualmente, de um reconhecimento mundial onde os maiores especialistas nas áreas de fotogrametria, detecção remota e fotografia aérea, trocam experiências e dão a conhecer os mais recentes desenvolvimentos naquelas áreas. Ao longo dos anos têm sido apresentados trabalhos inovadores que, posteriormente, são reconhecidos e adoptados como as soluções correctas para a resolução de determinados problemas, entrando assim no ciclo comercial, à escala mundial. Para além das comunicações, são também efectuadas sessões de demonstração que abordam temas específicos relacionados quer com o *hardware* quer com o *software*. Os temas abordados no presente

ano foram os seguintes: aquisição de imagens digitais *versus* analógicas; análise da distribuição dos dados fotogramétricos; visualização e animação em 3D.



## XX Reunião DIGSA

**Período** – 22 a 26 Setembro 2003

**Participante** – 2 Oficiais

**Local** – Peru



A DIGSA é uma organização de carácter científico e técnico, constituída pelos Directores dos Institutos Geográficos da América do Sul, Espanha e Portugal. Têm assento na conferência atrás referida, todos os organismos produtores de cartografia dos países de expressão ibero-americana. A XX Assembleia teve lugar na cidade de Lima, no Perú de 22 a 26 de Setembro de 2003 e contou com a participação de dois Oficiais. Cada organismo participante apresentou um tema, sendo que o tema apresentado pelo IGeoE foi "Um Estudo sobre o IPB".

## XXI Congresso Brasileiro de Cartografia

**Período** – 28 Setembro a 04 Outubro 2003

**Participante** – 2 Oficiais

**Local** – Brasil

A Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodesia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto (SBC) organizou, simultaneamente, o XXI Congresso Brasileiro de Cartografia, X Congresso de Engenharia de Agrimensura e a IX Conferência Ibero-Americana de Sistemas de Informação Geográfica. O conjunto dos três eventos citados tiveram lugar na cidade de Belo Horizonte, Brasil, e ocorreu no período de 28 de Setembro a 04 de Outubro e contou com a participação de dois Oficiais. Cientistas e técnicos reconhecidos internacionalmente no meio cartográfico e nas ciências geográficas, foram convidados a participar no evento, dando a conhecer os trabalhos mais recentes realizados por todo o mundo, discutindo a produção, a qualidade e a disseminação da informação recolhida a partir de observações conduzidas à superfície terrestre e através de plataformas espaciais. No presente ano, o congresso reuniu uma panóplia de temas que abarcaram diferentes áreas de interesse como a fotogrametria, a cartografia, o cadastro técnico e a gestão territorial, a detecção remota e interpretação de imagem, a geodesia, astronomia e topografia e os Sistemas de Informação Geográfica.

## SRGC – 2003

**Período** – 14 a 17 Outubro 2003

**Participante** – 2 Oficiais

**Local** – Atenas

A *Southern Region Geographic Conference 2003* (SRGC-2003), cuja organização cabe aos países que integram o Comando da NATO *Allied Forces Southern Europe* (AFSOUTH), tem uma periodicidade anual e nela se tratam todos os assuntos relacionados com o apoio geográfico, em particular o fornecimento de informação geográfica às forças que operam na área de responsabilidade do Comando. O objectivo da SRGC 2003 foi estabelecer um fórum de discussão e troca de ideias, tomando como linhas de orientação a Política Geográfica NATO e as conclusões resultantes da Conferência Geográfica NATO, realizada em Bruxelas no passado mês de Junho. Na SRGC, as Nações e os Comandos da Região Sul da Europa coordenam e analisam as necessidades em termos de material geográfico, planos, directivas e acordos para apoiar as forças que actuam nesta área geográfica da Europa. A situação de cumprimento das obrigações de produção assumidas por cada país, a revisão do sistema de relatórios e a apresentação de projectos ligados à produção, manipulação e difusão de informação geográfica foram temas igualmente tratados na reunião. A conferência que teve lugar em Atenas, Grécia e decorreu no período de 14 a 17 de Outubro, foi organizada pelo *Hellenic National Defence General Staff*.

## MILGEO-PCMAP

**Período** – 30 Setembro a 01 Outubro 2003

**Participante** – 1 Oficial

**Local** – Alemanha

O *PCMAP Users Group Conference* é uma reunião multinacional que decorreu em Friedrichshafen (Alemanha), destinada a utilizadores militares, produtores de cartografia e organismos de inves-

tigação e desenvolvimento do programa PCMAP, com a finalidade de intercâmbio de informação técnica, apresentação de exemplos práticos de utilização e troca de funcionalidades no ambiente do *software*. Foi nesta reunião que se decidiram os projectos futuros para implementação de novas capacidades no *software* PCMAP, de acordo com os requisitos desta comunidade de países, de forma a que pudessem ser atribuídas prioridades e definidos critérios de manutenção.

— Novas edições de cartografia em papel

**Novas Edições**

25/11/02 a 24/11/03

- 250 SOURE
- 261 LOURIÇAL
- 262 REDINHA
- 264 CASTANHEIRA DE PÊRA
- 272 VIEIRA DE LEIRIA  
(MARINHA GRANDE)

**Carta Militar  
de Portugal  
Série M888  
1:25 000  
Continente**

**Reimpressões**

- 15 PAREDES DE COURA
- 18 PITÕES DAS JUNIAS
- 34 CHAVES
- 40 VIANA DO CASTELO
- 56 AMARES
- 70 BRAGA
- 110 MAIA

**Novas Edições**

25/11/02 a 24/11/03

- 34/36 POVOAÇÃO (S. MIGUEL)

**Carta Militar  
de Portugal  
Série M889  
1:25 000  
Açores**

**Novas Edições**

25/11/02 a 24/11/03

- 1 PORTO MONIZ
- 2 SÃO VICENTE
- 3 SANTANA
- 4 CALHETA
- 7 CANIÇAL
- 8 CÂMARA DE LOBOS
- 9 FUNCHAL
- 10 ILHAS DESERTAS
- 11 ILHAS DESERTAS
- 12 ILHAS DESERTAS
- 13 CAMACHA (ILHA DE PORTO SANTO)
- 14 VILA DE PORTO SANTO (ILHA DE PORTO SANTO)

**Carta Militar  
de Portugal  
Série P821  
1:25 000  
Madeira**

**Novas Edições**

25/11/02 a 24/11/03

- 9-I GUIMARÃES
- 9-II PENAFIEL
- 9-III PORTO
- 10-I VILA REAL
- 13-I CASTELO DE PAIVA
- 13-IV ESPINHO
- 14-I MOIMENTA DA BEIRA
- 14-II AGUIAR DA BEIRA
- 14-III SÃO PEDRO DO SUL
- 14-IV LAMEGO
- 18-I ALMEIDA
- 18-II NAVE DE HAVER
- 19-II COIMBRA
- 19-III FIGUEIRA DA FOZ
- 20-II FUNDÃO
- 21-I QUADRAZAIS
- 21-II VALE FEITOSO
- 25-II SEGURA
- 29-III MARVÃO
- 33-IV ASSUMAR
- 41-IV MONSARAZ
- 42-IV GRÂNDOLA

**Carta Militar  
de Portugal  
Série M782  
1:50 000  
Continente**

**Novas Edições**

25/11/02 a 24/11/03

- NK 29-5 VIGO
- NK 29-8 PORTO
- NK 29-9 VILA REAL
- NK 29-11 COIMBRA
- NK 29-12 VISEU
- NJ 29-2 SANTARÉM
- NJ 29-3 CASTELO BRANCO
- NJ 29-6 ÉVORA
- NJ 29-8 PORTIMÃO
- NJ 29-9 FARO

**Carta Militar  
de Portugal  
Série 1501A  
1:250 000  
Continente**